



Susana Sá e Melo Rodrigues
Licenciada em Engenharia do Ambiente

Classificação e *Benchmarking* de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos

Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em
Ambiente

Orientador: Maria da Graça Madeira Martinho, Professora Auxiliar,
FCT, UNL

Co-orientador: Rui Jorge Fernandes Ferreira Santos, Professor
Associado, FCT, UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Paula Diogo
Arguentes: Prof. Doutor João de Quinhones Levy
Prof. Doutor Tomás Augusto Barros Ramos

Vogais: Prof. Doutora Maria da Graça Madeira Martinho
Prof. Doutor Carlos Afonso Teixeira



Setembro, 2016

Classificação e Benchmarking de Sistemas de Recolha de Resíduos Urbanos

COPYRIGHT © 2016: Susana Sá e Melo Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Este projecto de investigação foi financiado pela Sociedade Ponto Verde, nos termos da decisão tomada pela Comissão Executiva a 06/01/2009, e Protocolo assinado a 23 de Janeiro de 2009 com a FCT/UNL, em cumprimento com o “Regulamento Relativo ao Financiamento de Projectos de Investigação e Desenvolvimento da Sociedade Ponto Verde”.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelo apoio, carinho e amor sem limites. Por estarem sempre presentes.

À minha mãe pela força. Ao meu pai pelo exemplo.

Ao meu marido e filhas, que são a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Nenhuma palavra é suficiente para agradecer à minha Orientadora, Professora Doutora Graça Martinho. Ficarei sempre grata pelas aulas que tive a felicidade de assistir durante o curso de pós-graduação, sempre cativantes, que provocaram esta vontade em contribuir para aumentar o conhecimento na área de recolha de resíduos urbanos, que culminou neste trabalho de Doutoramento. Do seu profundo conhecimento do estado da arte e lacunas bibliográficas existentes para suportar a gestão da recolha de resíduos urbanos, entendida como a fase menos “nobre” dos sistemas de gestão integrados de resíduos, e da necessidade de informação que sentia durante a minha actividade profissional, surge o tema deste trabalho.

Foi assim um enorme privilégio ter tido a Professora Doutora Graça Martinho como Orientadora durante os sete anos que durou esta viagem. Desafiante mas paciente, exigente mas compreensiva, crítica mas motivadora, e sempre atenta e disponível, foram as suas qualidades académicas, científicas e humanas que moldaram este trabalho e sem as quais teria desistido. Devo-lhe muito. Porque não existem palavras que possam fazer-lhe justiça, termino com um muito obrigada.

Quero também agradecer ao Professor Doutor Rui Santos por ter aceite o convite de ser co-orientador da Tese. Foi um suporte fundamental na análise financeira, uma área que não dominava. Agradeço por ter contestado, debatido e rebatido os objectivos e métodos que fui apresentando, por me fazer questionar pressupostos, dando um contributo decisivo.

Ao Engenheiro Pedro Santos, bolseiro da FCT/UNL, que realizou a maioria das campanhas de monitorização, pela enorme capacidade de trabalho, perseverança e proactividade, qualidades sem as quais não teria sido possível concluir este trabalho. À Engenheira Rita Pombo Marques, que iniciou comigo o trabalho de recolha de informação e monitorização de circuitos, pelo profissionalismo, capacidade de organização e dedicação demonstradas. Agradeço a ambos, por terem trabalhado em condições e horários nem sempre fáceis, sem reservas e com total empenho.

À Doutora Ana Pires, co-autora dos dois artigos científicos publicados no âmbito deste trabalho, pela sua objectividade, sagacidade e capacidade de síntese, fundamentais na publicação dos artigos, e pelas sugestões que foi fazendo, que se reflectiram no desenvolvimento da tese.

Agradeço ao Engenheiro Pedro Tavares Rodrigues, Administrador da HPEM – Higiene Pública EEM e meu superior hierárquico, que desde o primeiro dia me apoiou na decisão de avançar com o trabalho de Doutoramento, autorizando a disponibilização de meios humanos e equipamentos necessários. Agradeço também pelo incentivo, pela confiança e amizade.

Um agradecimento aos meus colegas da HPEM, com quem trabalhei durante onze anos, que me apoiaram na execução deste trabalho. Agradeço em particular ao Filipe Silva e Henrique Viegas, Chefes de Serviço, pela ajuda, disponibilidade e compreensão que demonstraram durante as campanhas de pesagem de contentores e de monitorização de circuitos. Aos motoristas que receberam tão bem os estagiários durante as campanhas de monitorização, pelas preciosas indicações que deram, fundamentais na organização das campanhas de pesagem dos contentores, e aos cantoneiros, pelo companheirismo e colaboração demonstrados. Ao Dr. Carlos Pinheiro, Director Financeiro da HPEM, pela informação disponibilizada. À minha equipa, do Departamento de Planeamento da HPEM, Engenheira Ana Tavares, Engenheira Joana Marinheiro, Engenheiro Jorge Ferreira, e Engenheira Tânia Soares, e aos meus colegas Engenheiro Gléber Oliveira, Gestor de Frota e Armazém, e Joaquim Silva, Gestor Operacional, pelo contributo que, directa ou indirectamente deram durante o trabalho.

Agradeço a toda equipa do Departamento de Higiene Urbana, da Câmara Municipal de Lisboa e em particular à Eng.^a Carla Tagmanini do Núcleo de Estudos e Projetos e Eng.^o Victor Vieira, Director de Departamento, por terem viabilizado a realização deste trabalho, disponibilizando os meios humanos e equipamentos necessários, e pela facilidade e transparência no acesso à informação. Um muito obrigada aos motoristas e cantoneiros da CML dos circuitos monitorizados, pela colaboração demonstradas.

Agradeço também à equipa da EMAC, do município de Cascais, e em particular ao meu colega Nuno Vinagre, Chefe do Departamento Técnico e I&D, pelo entusiasmo com que recebeu o meu pedido de colaboração e pela facilidade com que todos os meios e informação solicitados foram sendo disponibilizados, nomeadamente de acesso aos *softwares* de gestão da informação existentes na EMAC para a recolha de informação, sem qualquer limitação. Agradeço também a todos os elementos das equipas de recolha, pela proactividade e colaboração.

Um muito sentido e merecido agradecimento a todos os colegas com quem aprendi e partilhei experiências durante estes sete anos de tese, e aos fornecedores de equipamentos, sem os quais não teria sido possível obter a informação dos equipamentos de recolha que não está disponível nas fichas técnicas, e que de forma tão generosa me foi sendo transmitida. Pela amizade, simpatia e disponibilidade, agradeço em particular ao Engenheiro António Bento, Director da Solim e Resitul, ao Engenheiro António Manuel Gouveia, Director Comercial da Vecofabril, ao Engenheiro Alberto Lima, Director de Operações da Sopsa, ao Engenheiro Jorge Gomes, Director Comercial da Contenur, à Dra. Carla Pinto, Directora Comercial da Formato Verde, ao Eng.^o Rui Salgado, Director Comercial da Sotkon, ao Eng.^o Rui Vicente, Gestor Comercial da TNL, ao Eng.^o Henrique Jacinto, Director Geral da Ovo Solutions, à Eng.^a Sónia Silva, *Key Account* na Resopre, e ao Eng.^o Carlos Barros, da Almoverde.

Agradeço à Sociedade Ponto Verde, na pessoa do Dr. Manuel Pássaro e Eng.^a Susana Ângelo, pelo financiamento deste projecto de investigação, sem o qual teria sido impossível responder aos custos envolvidos na recolha de informação, em particular no trabalho de levantamento de campo e monitorização de circuitos, e pela compreensão demonstrada na aprovação das várias alterações ao cronograma definido na fase de candidatura.

Dirijo um agradecimento especial ao meu pai, com quem tive a felicidade de trabalhar, por me ter passado o seu entusiasmo pela gestão de resíduos, pelo seu conhecimento e espírito crítico sobre os sistemas de recolha, e por me ter ensinado muito do que ainda hoje aplico na minha actividade profissional, que se reflectiu em tantos aspectos deste trabalho.

Finalmente agradeço à minha família e amigos, pelas infindáveis ausências e sacrifícios que este trabalho obrigou, em particular aos meus pais e marido, que foram o pilar onde me apoiei para continuar, sem os quais não teria sido possível chegar a “bom porto”. Muito obrigada.

SUMÁRIO

A recolha de resíduos é um serviço municipal muito visível que envolve problemas operacionais difíceis e custos avultados, nomeadamente de investimento, operacionais (combustível, manutenção) e ambientais (emissões e ruído), desempenhando um papel central na gestão de resíduos, mas muitas vezes subestimado.

Os sistemas de recolha de resíduos estão implementados em todo o mundo, constituindo uma componente relevante do sistema de gestão integrada de resíduos, e têm sofrido uma enorme evolução tecnológica, mas foram classificados de uma forma desorganizada e diversa, tornando o conhecimento e actualização sobre o seu desenvolvimento difícil. A falta de uma definição comum na caracterização e avaliação do desempenho dos sistemas de recolha tem complicado o seu desenvolvimento e análise nos diferentes campos de pesquisa científica - nos avanços tecnológicos, optimização e avaliação de custos, impactos ambientais, cumprimento de normas legais e comportamento dos utentes, entre outros.

As classificações dos sistemas de recolha revistas apresentam lacunas na inclusão das características-chave para caracterizar os sistemas numa perspectiva tecnológica e o desempenho destes sistemas é avaliado por diferentes autores que utilizam indicadores relacionados com aspectos económicos e ambientais, sendo omissos os aspectos tecnológicos dos contentores e viaturas. Considerando esta lacuna de conhecimento, o objectivo principal da tese foi desenvolver um modelo de classificação e *benchmarking* de sistemas de recolha, que constituísse uma ferramenta de apoio à decisão simples de usar, para técnicos e gestores do serviço de recolha.

Este projecto de investigação começou por desenvolver uma taxonomia inovadora para a classificação de sistemas de recolha, baseada na dicotomia de contentores e viaturas e sua interacção com as infra-estruturas da cidade e utentes. Os elementos-chave de diferenciação destas duas componentes dos sistemas - contentores e viaturas, baseiam-se nos seus dispositivos e tecnologia, especificando quais e como são compatíveis, o que permite a classificação do método de recolha e finalmente do sistema. Baseando-se na simples observação visual dos equipamentos, a proposta apresentada classifica os sistemas de recolha através de dois diagramas “em árvore”, um para contentores e outro para viaturas, e um diagrama final dedicado à classificação do método de recolha de sistemas. A proposta de classificação foi complementada pela definição e descrição de “equipamentos-tipo”, para exemplificar todas as características utilizadas na taxonomia, e foi testada nos três municípios de área da Grande Lisboa que defeniram a área de estudo (Lisboa, Sintra e Cascais).

Em conjunto com a taxonomia, foram desenvolvidos indicadores operacionais e financeiros para caracterizar os sistemas de recolha, divididos em dois grupos: indicadores de equipamentos, relacionados exclusivamente com as suas especificações técnicas, e portanto universais; e os indicadores de serviço, que dependem das especificidades locais da área de serviço. Esses indicadores foram testados nos 25 sistemas de recolha selectiva de resíduos de embalagens que operam na área de estudo.

A metodologia utilizada para caracterizar e avaliar estes sistemas baseou-se na recolha de dados de fabricantes e fornecedores, em medições no terreno e nas campanhas de pesagens de recipientes e monitorização de circuitos de recolha, para todos os sistemas e três fluxos de resíduos de recolha selectiva.

Os resultados indicam que as características taxonómicas chave e indicadores definidos são capazes de suportar o planeamento de sistemas de recolha e fornecer dados de *benchmarking* que podem inovar a concepção de contentores e viaturas por parte dos fabricantes. Os resultados dos indicadores constituem uma ferramenta de apoio à decisão, indicando as melhores (e piores) soluções para cada

objectivo específico. Os valores obtidos, sendo específicos de cada tipo de equipamento e fluxo de resíduo, não estão disponíveis na bibliografia, e constituem dados base fundamentais no dimensionamento, planeamento e optimização do serviço. O caso de estudo ilustra que nenhum sistema de recolha de resíduos tem melhor desempenho em todos os indicadores, no entanto, os técnicos e gestores de serviços de recolha de RU podem usar o modelo de classificação e *benchmarking* proposto para seleccionar uma solução de compromisso entre as diferentes opções, por exemplo em termos de acessibilidade, área ocupada, capacidade de armazenamento, desempenho operacional (baixo em volume e/ou peso por unidade de tempo) e custo, assim como estabelecer diferentes metas de optimização ou seleccionar a melhor opção técnica compatível com os equipamentos existentes numa dada área a servir.

O modelo pode ser utilizado por especialistas de vários campos científicos, técnicos e gestores, aumentando o conhecimento dos sistemas e definindo direcções para trabalhos de investigação futuros.

Palavras-chave: resíduos urbanos, sistemas de recolha de resíduos, contentores, viaturas, classificação taxonomica, indicadores de benchmarking e desempenho operacional e financeiro.

ABSTRACT

Waste collection is a highly visible municipal service that involves large expenditures and difficult operational problems, plus it is expensive to operate in terms of investment costs (i.e. vehicles fleet), operational costs (i.e. fuel, maintenances) and environmental costs (i.e. emissions, noise and traffic congestions), playing a central but often underestimated role in the waste management system.

Waste collection systems (WCS) are a relevant component of a waste management system, being implemented all over the world, but have been classified in a disorganized and dissimilar way, so keeping track on their development has become hard. Lack of a common definition, characterization and performance evaluation of WCS has complicated the development and analysis to date in different scientific research fields such as technological advances, costs optimization and assessment, environmental impacts, policy compliance, and public behavior.

The reviewed classifications of the main WCS features show a missing classification which could embrace all key features to characterize WCS, focused on the technological perspective. Also, waste collection systems have been assessed to understand their performance, but most indicators used are related to economic and environmental aspects and omit indicators related to the technology aspects of containers and vehicles. Considering this knowledge gap, this thesis main goal was to develop a WCS classification and benchmarking model, simple to use, which could provide a decision support tool to waste collection managers and planners.

This thesis starts by presenting an innovating taxonomy for classifying WCS, considering the dichotomy of containers and vehicles and how they interact with city infrastructures and users, to use when studying, planning and monitoring WCS. Key elements focused on the technology differentiate container and vehicle components and specify which and how components are compatible, which enables collection method and system classification. Key WCS are also presented to exemplify all components used to build a taxonomy. The taxonomy was tested in three municipalities of the Greater Lisbon area, Portugal – Lisbon, Sintra and Cascais, confirming that is easy to apply and interpret, using visual observation: the proposed classification can identify waste collection systems through two trees, one for containers and another for vehicles, and a final diagram dedicated to systems collection method classification, generating information to be used by experts from several scientific fields (like economic, environmental, and social areas) and waste collection managers and planners.

Operational and financial indicators were developed to characterize waste collection systems divided into two groups: equipment indicators, which are exclusively equipment related and therefore universal, and service indicators, which depend on the local aspects of the service area. These indicators were also tested on 25 packaging source-separated WCS operating in study area. The methods used to characterize waste collection systems were based on data collection from suppliers, measurements in the field and collection circuits monitoring campaigns.

The results indicate that the developed indicators and container–vehicle taxonomic components, are capable of supporting WCS planning of and provide benchmarks to help container and vehicle producers innovate the waste collection components. With the proposed model, different optimization goals can be easily established, making the results of the indicators a decision support tool, indicating the best (and worst) solutions for each particular objective. Several data is presented for each equipment taxonomy type and waste flow, which can support WCS planning, improving and optimizing the technical options and collection routes. This data are not available in the bibliography or, if available, are not equipment and/or waste flow specific, so this is an important result. The case study illustrates that no waste collection system has better performance in all indicators, however, technicians and managers of collection services can use it to select a compromise solution between the different options in terms of

accessibility, area occupied, storage capacity, operating performance (low in volume and / or weight per unit of time) and cost, to name a few.

The proposed model allows the comparison of data and results reached in the different fields, increasing the knowledge in WCS and, therefore, increasing the directions for research to be performed.

Keywords: municipal solid waste, waste collection systems, containers, vehicles, taxonomy, benchmarking and performance operacional and financial indicators

ÍNDICE DE MATÉRIAS

I.	Introdução	1
I.1	O Serviço de recolha: actualidade e problemática.....	1
I.1.1	Relevância e actualidade	1
I.1.2	Problemática e motivação	4
I.2	Âmbito e objectivos	11
I.3	Metodologia geral	13
I.4	Organização da tese	15
II.	Sistemas de recolha - Revisão bibliográfica	19
II.1	Enquadramento Legal	19
II.2	Conceitos e definições	23
II.2.1	Gestão integrada de resíduos	23
II.2.2	Resíduo e Resíduo Urbano	24
II.2.3	Recolha e Recolha selectiva	26
II.3	Estratégia nacional na gestão de resíduos	29
II.3.1	Planos sectoriais nacionais	29
II.3.2	Regulação do sector e sustentabilidade económica	33
II.3.2.1	Enquadramento.....	33
II.3.2.2	Sistemas pay as you throw - PAYT	36
II.3.3	A gestão de resíduos de embalagens em Portugal	38
II.3.3.1	Sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens	38
II.3.3.2	Papel dos consumidores e utentes do SIGRE.....	41
II.3.3.3	Valor de contrapartida.....	42
II.4	Recolha de resíduos urbanos	44
II.4.1	Evolução dos sistemas de recolha.....	44
II.4.2	Planeamento e optimização do serviço de recolha.....	52
II.5	Classificação de sistemas de recolha	56
II.5.1	Sistema de recolha – definição	56
II.5.2	Factores determinantes na selecção de um sistema de recolha	57
II.5.3	Classificações existentes – equipamentos e tecnologias	61
II.5.3.1	Enquadramento.....	61
II.5.3.2	Estado da arte – classificações existentes	62
a)	Classificação por tipo de serviço	63
b)	Classificação do método de recolha.....	68
c)	Classificação de recipientes.....	70
d)	Classificação de viaturas.....	74
e)	Classificação por origem e separação na fonte.....	77
II.5.3.3	Síntese conclusiva	78

II.6	Indicadores	79
II.6.1	Enquadramento	79
II.6.2	Indicadores: definição e critérios de selecção.....	81
II.6.3	Indicadores de desempenho do sistema de gestão de resíduos.....	82
II.6.3.1	Enquadramento.....	82
II.6.3.2	Indicadores utilizados na gestão integrada de resíduos	84
II.6.3.3	Classificação de indicadores de gestão de resíduos	89
II.6.3.4	Indicadores utilizados nos Planos Estratégicos Nacionais do sector	94
II.6.4	Indicadores de desempenho do serviço de recolha.....	95
II.6.4.1	Variáveis críticas na operação de recolha.....	95
II.6.4.2	Indicadores de recolha operacionais	98
II.6.4.3	Indicadores de recolha económicos	102
II.6.4.4	Estado da arte, lacunas e síntese dos factores de desempenho.....	105
II.7	Síntese da revisão da literatura.....	108
III.	Metodologia. Abordagem da Investigação	115
III.1	Planeamento do trabalho de investigação	115
III.1.1	Enquadramento institucional E publicações.....	115
III.1.2	Definição das hipóteses	116
III.1.3	Definição macro da metodologia	117
III.2	Desenvolvimento da classificação taxonómica	118
III.2.1	Definição do âmbito, fronteiras e exclusões.....	118
III.2.2	Identificação dos critérios e componentes a considerar	119
III.2.3	Características-chave e compatibilidade dos componentes	122
III.2.4	Identificação de “Equipamentos Tipo”	126
III.3	Desenvolvimento do sistema de indicadores	127
III.3.1	Âmbito, objectivos e pressupostos metodológicos.....	127
III.3.1.1	Âmbito e objectivos	127
III.3.1.2	Pressupostos metodológicos.....	129
III.3.2	Definição das variáveis chave	135
III.3.3	Variáveis operacionais	139
III.3.3.1	Dimensões e especificações técnicas dos contentores	139
III.3.3.2	Dimensões e especificações técnicas das viaturas	142
III.3.3.3	Variáveis operacionais do serviço de recolha.....	143
III.3.3.4	Variáveis operacionais do serviço de lavagem.....	146
III.3.4	Variáveis financeiras	146
III.3.4.1	Enquadramento.....	146
III.3.4.2	Custos de Investimento.....	149
a)	Actualização de preços	150

b)	Amortização do equipamento.....	150
III.3.4.3	Custos de exploração	153
a)	Custos de manutenção	153
b)	Custos com combustíveis	159
c)	Custos com recursos humanos	160
d)	Outros custos – materiais e consumíveis	161
III.3.5	Definição de Indicadores	162
III.4	Modelo de Classificação e Benchmarking de sistemas de recolha de RU	163
III.5	Caso de Estudo	166
III.5.1	Aplicação da classificação taxonómica e definição da área de estudo	166
III.5.2	Trabalho de campo.....	170
III.5.2.1	Planeamento do trabalho de campo.....	170
a)	Campanhas de monitorização no Município de Sintra.....	173
b)	Campanhas de monitorização no Município de Lisboa.....	174
c)	Campanhas de monitorização no Município de Cascais	174
III.5.2.2	Equipamentos, hardware e software	175
III.5.2.3	Recolha de dados de gabinete.....	177
a)	Levantamento das especificações técnicas dos equipamentos.....	177
b)	Levantamento dos dados financeiros	178
III.5.2.4	Campanhas de pesagem de contentores	179
III.5.2.5	Campanhas de monitorização dos circuitos de recolha.....	183
III.5.2.6	Campanhas de monitorização do serviço de lavagem.....	187
a)	Lavagem de contentores.....	187
b)	Lavagem de viaturas	189
III.5.2.7	Principais limitações no levantamento de informação	189
III.5.3	Análise e Tratamento de Dados	191
III.5.3.1	Peso bruto, tara, peso líquido e capacidade líquida	192
III.5.3.3	Tempo de recolha	199
III.5.3.4	Dados para o cálculo dos indicadores de serviço (circuitos)	203
III.5.3.5	Dados para o cálculo dos indicadores financeiros.....	205
IV.	Resultados. Modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha de RU...	208
IV.1	Proposta de classificação Taxonómica	208
IV.1.1	Síntese introdutória	208
IV.1.2	Classificação de recipientes	209
IV.1.2.1	Categorias e diagrama de classificação	209
IV.1.2.2	Recipientes tipo.....	212
IV.1.3	Classificação de viaturas	226

IV.1.3.1	Categorias e diagrama de classificação	226
IV.1.3.2	Viaturas tipo	232
IV.1.4	Classificação de sistemas	247
IV.1.4.1	Categorias e diagrama de classificação	247
IV.1.4.2	Sistemas de recolha chave	248
IV.2	Proposta de indicadores de desempenho	251
IV.2.1	Síntese introdutória	251
IV.2.2	Indicadores de equipamento	252
IV.2.2.1	Indicadores operacionais	252
IV.2.2.2	Indicadores financeiros	256
IV.2.3	Indicadores de serviço - recolha	257
IV.2.3.1	Indicadores operacionais	257
IV.2.3.2	Indicadores financeiros	264
IV.2.4	Indicadores de serviço - lavagem	269
IV.2.4.1	Indicadores operacionais e financeiros de lavagem de recipientes	269
IV.2.4.2	Indicadores operacionais e financeiros de lavagem de viaturas	270
IV.3	Modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha (MCBSR)	271
IV.4	Análise e discussão da proposta de MCBSR	280
V.	Caso de estudo: resultados, análise e discussão	283
V.1	Âmbito	283
V.2	Classificação taxonómica	283
V.3	Indicadores de desempenho	289
V.3.1	Enquadramento e âmbito	289
V.3.2	Indicadores de equipamento	295
V.3.2.1	Indicadores operacionais de equipamento	295
V.3.2.2	Indicadores financeiros de equipamento	310
V.3.3	Indicadores de serviço - recolha	319
V.3.3.1	Indicadores operacionais	319
V.3.3.2	Indicadores financeiros	367
V.3.4	Indicadores de serviço – lavagem de recipientes	384
V.3.4.1	Indicadores operacionais	384
V.3.4.2	Indicadores financeiros	389
V.3.5	Indicadores de serviço – lavagem de viaturas	390
V.3.5.1	Indicadores operacionais e financeiros	390
V.4	Síntese e discussão dos principais resultados	394
V.4.1	Classificação dos sistemas de recolha	394
V.4.2	Benchmark de sistemas – melhores e piores resultados	395
V.4.2.1	Recipientes	395

V.4.2.2	Viaturas.....	403
V.4.2.3	Sistemas de recolha.....	406
V.4.3	Dados base e valores de referência.....	415
VI.	Conclusões e recomendações.....	421
VI.1	Síntese conclusiva.....	421
VI.2	Limitações, recomendações e linhas orientadoras para trabalho futuro.....	427
	Referências Bibliograficas	432
	ANEXO AI – Síntese da revisão bibliográfica: Indicadores de recolha	450
AI.1	Indicadores operacionais	450
AI.2	Indicadores Financeiros.....	456
	ANEXO AII – Custos de exploração. Exercícios de base aos pressupostos assumidos	458
AII.1	Custos de amortização e manutenção de viaturas.....	458
AII.2	Custos de manutenção de contentores	459
	ANEXO AIII – Resumo dos principais tipos de recipientes existentes em Portugal.....	465
AIII.1	Caso de Estudo.....	465
AIII.2	Recipientes excluídos do caso de estudo	480
	ANEXO AIV – Fichas de campo	483
Características técnicas dos contentores (Ficha de campo n.º 1):		483
Monitorização de circuitos de lavagem (ficha de campo n.º 4)		486
	ANEXO AV - Tratamento de dados durante as campanhas.....	489
AV.1-	Avaliação da robustez da tara indicada pelo fornecedor	489
AV.2	- Pesagens de contentores: determinação da dimensão da amostra.....	498
AV.3	- Teste à distribuição normal - amostras de pesagens de contentores	501
AV.4	– Base de dados criada para o tratamento dos dados registados na monitorização dos circuitos de recolha	509
	ANEXO AVI - Diagramas da Fase III do MCBSR	510
Diagrama AVI.1	- Indicadores de equipamento e de serviço.....	510
Diagrama AVI.2	– Indicadores de serviço relativos aos circuitos de recolha	510
	ANEXO AVII - Dados base de custo	513
AVII.1	– Custo de aquisição de recipientes: actualização e amortização.....	513
AVII.2	– Custo de manutenção e custo total dos recipientes.....	514
AVII.3	– Custo de aquisição de viaturas: actualização e amortização	515
AVII.4	– Custo de manutenção e custo total das viaturas	516
AVII.5	- Custos com recursos humanos.....	517
AVII.6	– Dados de Consumo médio e custo de combustível	519
AVII.7	– Exemplo dos dados de base trabalhados para o indicador iso.12 – Circuito 1, de vidro (cascais)	520
	ANEXO AVIII - Resultados	521
AVIII.1	– Indicadores de Equipamento – Recipientes: IRO.1, IRO.2 e IRO.3	521
AVIII.2	– Indicadores de Equipamento – Recipientes: IRO.4, IRO.5 e IRO.6	522

AVIII.3 – Indicadores de Equipamento – Viaturas: IOV.1, IOV.2, IOV.3, IOV.4, IOV.5, IOV.6, IOV.7, IOV.8, IOV.9	523
AVIII.4 – Indicadores de Equipamento Financeiros – Recipientes: IRF.1, IRF.2 e IRF.3	524
AVIII.5 – Indicadores de Equipamento Financeiros – Viaturas: IVF.1, IVF.2 e IVF.3.....	525
AVIII.6 – Análise dos pesos percentuais das fases dos circuitos (1 e 2 voltas)	526
ANEXO AIX: Análise estatística dos resultados	528
AIX.1 – Indicadores de Serviço operacionais – Recipientes.....	528
AIX.2 – Indicadores de Serviço operacionais - Sistema	532

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1: Taxa de reciclagem de resíduos nos países da Europa, em 2001 e 2010.	3
Figura II-1: Gestão integrada de resíduos.....	23
Figura II-2: Diagrama simplificado demonstrando as inter-relações entre os elementos funcionais de um sistema de gestão de resíduos	27
Figura II-3: O ciclo de vida das embalagens.....	38
Figura II-4: Funcionamento do SIGRE (fluxo das embalagens urbanas)	40
Figura II-5: Modelo transitório de cálculo dos valores de contrapartida (.....	43
Figura II-6: Carro de tracção animal utilizado na recolha de RU em Lisboa, 1902	44
Figura II-7: Carro de tracção animal utilizado na recolha de RU	45
Figura II-8: Representação esquemática de um contentor semi-subterrâneo.....	46
Figura II-9: Camiões utilizados na recolha de RU, em Lisboa	47
Figura II-10: Pormenor da traseira de uma viatura compactadora da CML, com elevador duplo.	47
Figura II-11: Camião Volvo utilizado na recolha de RU em Lisboa.	48
Figura II-12: Camião Farid utilizado em Sintra, durante a operação de recolha automática lateral.	48
Figura II-13: Esquema e imagem da operação de recolha automática bilateral.....	49
Figura II-14: Sistema de monitorização do serviço de recolha em tempo real.....	49
Figura II-15: Sistema PAYT - controle de acesso aos contentores	50
Figura II-16: Contentor subterrâneo com compactação utilizado na recolha de RU em Abu Dhabi	50
Figura II-17: Estação de recolha centralizada instalada pela Centralsug AB, em Kista, Suécia.....	51
Figura II-18: Representação esquemática de um sistema de recolha pneumático	51
Figura II-19: Sistema de recolha pneumático instalado em Lisboa, em 1998	51
Figura II-20: Fases dos circuitos de recolha	54
Figura II-21 – Fases do circuito de recolha de uma volta	55
Figura II-22 – O sistema de recolha e principais interações	57
Figura II-23: Sistema de recolha “porta-a-porta na berma”, automática, em Appleton, Wisconsin	66
Figura II-24: Sistema de recolha “porta-a-porta no quintal/traseiras”	66
Figura II-25: “Contentores de zona” de um sistema de recolha “colectivo” em Barcelona	66
Figura II-26: “Contentores de zona” de um sistema de recolha “colectivo” em Bordeus.....	66
Figura II-27 – Representação esquemática de um sistema porta-a-porta e de um sistema por pontos ou colectivo.....	67
Figura II-28 – Pirâmide de informação num sistema de indicadores.....	80
Figura II-29: Modelo de avaliação do desempenho dos sistemas de recolha de RU.....	98
Figura III-1 – Representação esquemática da sistematização adoptada no desenvolvimento da classificação taxonómica.....	125
Figura III-2: Relação entre o método de recolha e o trabalho humano exigido	126
Figura III-3 – Desenho esquemáticos das acessibilidades de pessoas com mobilidade condicionada a equipamentos com bocas de deposição a altura diferentes	130
Figura III-4- Representação da definição de capacidade nominal.....	140

Figura III-5: Metodologia a aplicar para estimar o volume não útil de um contentor de superfície com duas bocas de deposição nas laterais do corpo do contentor	141
Figura III-6: Metodologia a aplicar para estimar o volume não útil de um contentor de superfície com bocas de deposição numa das duas tampas do contentor.....	141
Figura III-7: Representação esquemática das fases de um circuito de recolha de contentores estacionários com duas voltas	144
Figura III-8: Metodologia definida para a concepção do modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha de resíduos.....	164
Figura III-9: Limites geográficos dos municípios da área de estudo.....	168
Figura III-10: Dinamómetro utilizado nas pesagens de contentores de capacidades iguais ou superiores a 1000 litros, em Lisboa, Cascais e Sintra.	175
Figura III-11: Balança de plataforma utilizada nas campanhas de pesagem de contentores de 90 a 360 litros, em Lisboa	175
Figura III-12: Balança de gancho utilizada nas campanhas de pesagens de sacos, em Lisboa	176
Figura III-13: Pesagem de contentores com argola com dinamómetro de gancho	180
Figuras III-14 e III-15: Metodologia utilizada para a pesagem com dinamómetro de gancho de contentores sem argola, utilizando uma cinta de carga e uma corrente metálica, respectivamente.	181
Figuras III-16 e III-17: Metodologia utilizada para a pesagem com balança de plataforma de contentores de 360 e 120 litros.	181
Figura IV-1: Representação esquemática de sistemas que utilizam canalização subterrânea e sistemas que utilizam viaturas de recolha.....	208
Figura IV-2: Diagrama de classificação de recipientes	210
Figura IV-3: Sistemas de acoplamento para grua.....	211
Figura IV-4: Sistemas de acoplamento com apoios.....	212
Figura IV-5: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 1	214
Figura IV-6: Imagens de recipientes do Tipo 1	214
Figura IV-7: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 2.....	215
Figura IV-8: Imagens de recipientes do Tipo 2	215
Figura IV-9: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 3.....	216
Figura IV-10: Imagens de recipientes do Tipo 3	217
Figura IV-11: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 4.....	217
Figura IV-12: Imagens de recipientes do Tipo 4	218
Figura IV-13: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 5.....	219
Figura IV-14: Imagens de recipientes do Tipo 5	219
Figura IV-15: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 6.....	220
Figura IV-16: Imagens de recipientes do Tipo 6	221
Figura IV-17: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 7.....	222
Figura IV-18: Imagens de recipientes do Tipo 7	222
Figura IV-19: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 8.....	223
Figura IV-20: Imagens de recipientes do Tipo 8	224

Figura IV-21: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 9.....	224
Figura IV-22: Imagens de recipientes do Tipo 9	225
Figura IV-23: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 10.....	226
Figura IV-24: Ilustração esquemática do recipiente do Tipo 10.....	226
Figura IV-25: Imagem de uma viatura bi-compartimentada.....	227
Figura IV-26: Viaturas de compactação (a) intermitente (b) contínua	228
Figura IV-27: Dispositivos para elevação com grua: gancho duplo.....	229
Figura IV-28: Desenho técnico de um dispositivo “kinshofer” destinado a acoplamento com gancho e cogumelo (misto)	229
Figura IV-29: Dispositivos automáticos tipo “kinshofer” para elevação com grua	229
Figura IV-30: Elevador duplo de carga traseira com sistema tipo “cassete”	230
Figura IV-31: Zonas de carga (a) Traseira (b) Lateral (c) Frontal	230
Figura IV-32: Diagrama de classificação de viaturas.....	231
Figura IV-33: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 1	232
Figura IV-34: Representação esquemática (a) e imagem (b) de uma Viatura Tipo 1	233
Figura IV-35: Imagens de Viaturas do Tipo 2.....	233
Figura IV-36: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 2	234
Figura IV-37: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 3	235
Figura IV-38: Comandos do elevador instalados na zona traseira da viatura, acessíveis do chão, com botão de segurança.....	235
Figura IV-39: Imagens e desenhos esquemáticos de Viaturas do Tipo 3	236
Figura IV-40: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 4	236
Figura IV-41: Imagens de Viaturas do Tipo 4.....	237
Figura IV-42: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 5	238
Figura IV-43: Imagem e desenho esquemático da Viatura do Tipo 5.....	238
Figura IV-44: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 6	239
Figura IV-45: Desenho esquemático 3D e imagem de uma viatura do Tipo 6.	240
Figura IV-46: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 7	240
Figura IV-47: Desenho esquemático e imagem de uma viatura do Tipo 7	241
Figura IV-48: Imagens de viaturas do Tipo 8, com e sem elevador lateral.....	241
Figura IV-49: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 8	242
Figura IV-50: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 9	243
Figura IV-51: Imagens dos comandos e sistema vídeo - interior da cabine de uma viatura do Tipo 9	243
Figura IV-52: Imagens e desenho esquemático de Viaturas do Tipo 9	244
Figura IV-53: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 10	245
Figura IV-54: Imagem e desenho esquemático de Viaturas do Tipo 10.....	245
Figura IV-55: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 11	246
Figura IV-56: Imagem e desenho esquemático da operação de recolha com uma Viatura do Tipo 11	246

Figura IV-57: Imagem e desenho esquemático de uma Viatura do Tipo 11.....	247
Figura IV-58: Diagrama de classificação de Sistemas de Recolha	248
Figura IV-59: Sistema de recolha manual no Recife, Brasil.....	249
Figura IV-60: Sistema de recolha assistido.....	249
Figuras IV-61: Sistema de recolha semi-automático, de contentores de superfície.....	250
Figura IV-62: Sistema de recolha semi-automático, de contentores subterrâneos	250
Figura IV-63: Sistemas de recolha automáticos com elevador automático lateral	251
Figura IV-64: Sistemas de recolha automáticos com grua automática bilateral.....	251
Figura IV-65: Trajectória de um veículo rígido em curva, raio de curvatura interior (Rint) e exterior (Rext) e Largura da viatura (b)	254
Figura IV-66: Diagrama de sistematização das fases de aplicação do MCBSR	272
Figura IV-67: Diagrama de sistematização da aplicação da Fase II, em função das limitações/critérios da EG ou características da área de serviço	273
Figura IV-68: Diagrama de classificação taxonómica do método de recolha – exemplificação da sua aplicação no MCBSR	282
Figura V-1: Indicador IRO.1 – Área de implantação do recipiente.....	296
Figura V-2: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de papel/cartão	297
Figura V-3: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de plástico/metal	297
Figura V-4: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de vidro	298
Figura V-5: Indicador IRO.2 – Secções das bocas de deposição dos recipientes para os três fluxos	300
Figura V-6: Indicador IRO.3 – Altura de deposição	301
Figura V-7: Indicador IRO.4 – Capacidade líquida do recipiente.....	302
Figura V-8: Indicador IRO.5 – Volume não útil.....	303
Figura V-9: Indicador IRO.6 – Capacidade de armazenamento por área de implantação.....	304
Figura V-10: Indicador IVO.1 – Volume da caixa da viatura	305
Figura V-11: Indicador IVO.2 – Peso líquido máximo legal	306
Figura V-12: Indicador IVO.3 – Alcance máximo da grua.....	307
Figura V-13: Indicador IVO.4 e IVO.5 – Capacidade máxima de carga e capacidade no alcance máximo da grua.....	308
Figura V-14: Indicador IVO.6 e IVO.7 – Largura e Raio de curvatura da viatura	309
Figura V-15: Indicador IVO.8 e IVO.9 – Altura de circulação e de operação da viatura.....	310
Figura V-16: Custo unitário anual de aquisição dos recipientes	311
Figura V-17: Indicador IRF.1 – Custo de aquisição dos recipientes por metro cúbico	312
Figura V-18: Custo de aquisição anual das viaturas.....	313
Figura V-19: Indicador IVF.1 – Custo de aquisição das viaturas por metro cúbico	313
Figura V-20: Custo unitário anual de manutenção dos recipientes	314
Figura V-21: Indicador IRF.2 – Custo anual de manutenção dos recipientes por metro cúbico	315
Figura V-22: Custo anual de manutenção das viaturas	315
Figura V-23: Indicador IVF.2 – Custo anual de manutenção das viaturas por metro cúbico	316

Figura V-24: Custo anual total (aquisição e manutenção) dos recipientes.....	317
Figura V-25: Indicador IRF.3 - Custo anual total (aquisição e manutenção) dos recipientes por metro cúbico	317
Figura V-26: Custo anual total (aquisição e manutenção) das viaturas	318
Figura V-27: Indicador IVF.3 - Custo anual total (aquisição e manutenção) das viaturas por metro cúbico	319
Figura V-28: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Papel/cartão.....	320
Figura V-29: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Plástico/metálico	321
Figura V-30: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Vidro.....	321
Figura V-31: Indicador ISO.2 – Peso líquido máximo dos resíduos em contentor – Papel/cartão.....	322
Figura V-32: Indicador ISO.2 – Peso líquido máximo dos resíduos em contentor – Plástico/metálico...	323
Figura V-33: Indicador ISO.2 – Peso líquido máximo dos resíduos em contentor – Vidro.....	323
Figura V-34: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Papel/cartão	324
Figura V-35: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Plástico/metálico.....	324
Figura V-36: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Vidro.....	325
Figura V-37: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por sistema de recolha.....	326
Figura V-38: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por tipo de recipiente (ou sistema de engate).....	327
Figura V-39: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por sistema de recolha e fluxo de resíduo	328
Figura V-40: Operação de recolha de um recipiente de papel/cartão com o sistema semi-automático C3V7, em Cascais.....	328
Figura V-41: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha por sistema de recolha (Vidro)	329
Figura V-42: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha por sistema (Papel/cartão e Plástico/metálico)	330
Figura V-43: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha, por tipo de recipiente.	331
Figura V-44: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha: Papel/cartão	331
Figura V-45: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha, Plástico/metálico	332
Figura V-46: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha, Vidro	332
Figura V-47: Indicador ISO.7 – Tempo de descarga da viatura.....	333
Figura V-48: (a) Descarga de vidro da viatura V2; (b) Descarga de papel/cartão da viatura V7	333
Figura V-49: Indicador ISO.8 – Sobre peso percentual da viatura	334
Figura V-50: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Papel/cartão .	335
Figura V-51: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Plástico/metálico	336
Figura V-52: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Vidro	336
Figura V-53: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Papel/cartão	337
Figura V-54: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Plástico/metálico	337
Figura V-55: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Vidro.....	338
Figura V-56: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Papel/cartão.....	339

Figura V-57: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Plástico/metá...	339
Figura V-58: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Vidro.....	339
Figura V-59: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Papel/cartão.	340
Figura V-60: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Plástico/metá	340
Figura V-61: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Vidro	341
Figura V-62: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo	343
Figura V-63: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Papel/cartão.....	343
Figura V-64: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Plástico/metá ...	344
Figura V-65: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Vidro	344
Figura V-66: Indicador ISO.14 – Volume recolhido por distância de recolha efectiva.....	345
Figura V-67: Indicador ISO.14 – Volume recolhido por distância de recolha efectiva, por fluxo de recolha	346
Figura V-68: Indicador ISO.15 – Velocidade média da fase de recolha efectiva.....	347
Figura V-69: Indicador ISO.15 – Velocidade média entre pontos de recolha (fase de recolha efectiva)	347
Figura V-70: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Papel/cartão	348
Figura V-71: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Plástico/metá.....	348
Figura V-72: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Vidro.....	349
Figura V-73: Quociente entre a quantidade descarregada e o volume recolhido.....	350
Figura V-74: Indicador ISO.17 – Taxa de enchimento dos contentores por sistema (estimativa).....	350
Figura V-75: Indicador ISO.17 – Taxa de enchimento dos contentores por sistema e fluxo de resíduo (estimativa)	351
Figura V-76: Indicador ISO.18 – Quantidade recolhida por ponto	352
Figura V-77: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: papel/cartão.....	353
Figura V-78: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: plástico/metá ...	353
Figura V-79: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: vidro.....	353
Figura V-80: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: papel/cartão	354
Figura V-81: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: plástico/metá.....	355
Figura V-82: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: vidro	355
Figura V-83: Indicador ISO.21 – Número de contentores recolhidos por minuto de recolha efectiva	356
Figura V-84: Indicador ISO.22 – Número de pontos recolhidos por minuto de recolha efectiva.....	356
Figura V-85: Indicador ISO.23 – Número de contentores recolhidos por quilómetro de recolha efectiva	357
Figura V-86: Indicador ISO.24 – Número de pontos recolhidos por quilómetro de recolha efectiva..	358
Figura V-87: Indicadores ISO.25 e ISO.26 – Peso % do tempo de recolha de recipientes e do tempo entre recipientes no tempo de recolha efectiva	359
Figura V-88: Indicadores ISO.27 – Distância média entre pontos de recolha	360
Figura V-89: Indicadores ISO.28 – Coeficiente de concentração do circuito	361
Figura V-90: Indicador ISO.29 – Peso percentual do tempo de recolha efectiva no circuito	361

Figura V-91: Peso percentual das fases dos circuitos de recolha em distância.....	362
Figura V-92: Peso percentual das fases dos circuitos de recolha em tempo.....	363
Figura V-93: Indicador ISO.30 – Consumo médio de gasóleo por tipo de viatura.....	364
Figura V-94: Indicador ISO.31 – Consumo médio de gasóleo por tonelada	365
Figura V-95: Indicador ISO.31 – Consumo médio de GNC por tonelada	365
Figura V-96: Indicador ISO.32 – Número de funcionários por sistema de recolha.....	366
Figura V-97: Indicador ISRF.1 – Custo anual de aquisição do ecoponto por unidade de peso	367
Figura V-98: Indicador ISRF.2 – Custo anual total do recipiente por unidade de peso.....	368
Figura V-99: Indicador ISRF.1 – Custo anual total do recipiente para papel/cartão por unidade de peso	369
Figura V-100: Indicador ISRF.1 – Custo anual do recipiente para plástico/metálico por unidade de peso	369
Figura V-101: Indicador ISRF.1 – Custo anual do recipiente para vidro por unidade de peso	370
Figura V-102: Indicador ISVF.1 – Custo anual de aquisição da viatura por unidade de peso	370
Figura V-103: Indicador ISVF.2 – Custo total anual da viatura por unidade de peso.....	371
Figura V-104: Indicador ISVF.2 – Custo total anual da viatura por unidade de peso (excluindo as viaturas alugadas).....	372
Figura V-105: Indicador ISSF.1 – Custo total de aquisição do sistema.....	372
Figura V-106: Indicador ISSF.2 – Custo total de manutenção do sistema.	373
Figura V-107: Indicador ISSF.3 – Custo total do sistema (para contentores de um circuito “médio” e viatura).....	374
Figura V-108: Indicador ISSF.3 – Custo total do sistema (para ecopontos de um circuito “médio” e viatura).....	375
Figura V-109: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano: Papel/cartão	376
Figura V-110: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano: Plástico/metálico	376
Figura V-111: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano: Vidro	376
Figura V-112: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida: Papel/cartão	377
Figura V-113: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida: Plástico/metálico	377
Figura V-114: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida: Vidro	378
Figura V-115: Indicador ISSF.6 – Custo anual com RH por tonelada recolhida: Vidro	379
Figura V-116: Indicador ISSF.6 – Custo anual com RH por tonelada recolhida: Papel/cartão (P/C) e Plástico/metálico (P/M)	379
Figura V-117: Indicador ISSF.7 – Custo anual com combustíveis por tonelada recolhida.....	380
Figura V-118: Indicador ISSF.8 – Custos anuais de exploração por tonelada recolhida	382

Figura V-119: Sistemas com o melhor e pior resultado no custo total por tonelada (Indicador ISSF.9): (a) Sistema Automático em Rio de Mouro, Sintra (2009), (b) Sistema Manual em Alfama, Lisboa (2010)	383
Figura V-120: Indicador ISSF.9 – Custos anuais totais por tonelada recolhida	384
Figura V-121: Indicador ISLrO.1 – Tempo de lavagem efectivo, por recipiente	385
Figura V-122: Operação de lavagem exterior manual, de equipamentos subterrâneos e semi-subterrâneos	385
Figura V-123: Indicador ISLrO.2 – Tempo de lavagem unitário	386
Figura V-124: Indicador ISLrO.3 – Tempo de abastecimento do reservatório de água, por recipiente lavado	387
Figura V-125: Indicador ISLrO.4 – Consumo de água, por recipiente	387
Figura V-126: Indicador ISLrO.5 – Consumo de detergentes, por recipiente	388
Figura V-127: Aplicação de detergente nas colunas de deposição de recipientes subterrâneos, em Sintra (2011).	388
Figura V-128: Indicador ISLrF.1 – Custo total unitário da lavagem, por recipiente (valores parciais)	389
Figura V-129: Custo total unitário da lavagem, por recipiente e ano	390
Figura V-130: Operação de lavagem automática com portais, de uma viatura de caixa aberta com grua, em Sintra	391
Figura V-131: Tempo de lavagem unitário da viatura	391
Figura V-132: Lavagem manual de uma viatura compactadora, em Lisboa	392
Figura V-133: Operação de lavagem manual com pistola de alta pressão de uma viatura compactadora, em Cascais	392
Figura V-134: Aplicação de detergente numa viatura compactadora em Sintra	392
Figura V-135: Consumo de água por viatura	393
Figura V-136: Exemplo de um recipiente subterrâneo de plataforma hidráulica (U,WoC, OPH,C1R) instalado da área de estudo	398
Figura V-137: Análise de regressão linear do tempo de recolha e número de recipientes recolhidos: (a) – Sistema C9V3; (b) – Sistema C9V2; (c) – Sistema C10V3; (d) Sistema C11V4	408
Figura A-1 – Desenho técnico de contentores de 2400 l, de recolha lateral	465
Figura A-2 – Fotografias de contentores de recolha lateral, metálicos de 3200 litros e fotografia de um “papelão” de recolha lateral em PEAD de 2400 litros	465
Figura A-3- Fotografia de um contentor de recolha lateral subterrâneo com plataforma elevatória	466
Figura A-4 - Desenho esquemático da recolha de um contentor de recolha lateral subterrâneo, com plataforma elevatória	466
Figura A-5 - Desenho técnico do contentor modelo Cyclea	467
Figura A-6 – Fotografia de um ecoponto modelo Cyclea	467
Figura A-7 – Esquema do sistema de abertura	468
Figura A-8 – Desenhos técnicos do equipamento Molok	468
Figura A-9 – Fotografias de contentores modelo Molok, com diferentes capacidades e acabamentos, com e sem QuikSystem (argola simples à vista, na tampa)	469

Figura A-10 – Desenho esquemático das componentes do contentor	470
Figura A-11- Marcos de deposição do ecoponto subterrâneo compacto, de argola simples	471
Figura A-12 – Fotografia da Coluna de deposição de vidro com sistema de engate de duplo disco; Desenho esquemático da coluna de deposição para embalagens de plástico/metal	472
Figura A-13 – Desenho técnico do equipamento Citytainer.....	472
Figura A-14 – Desenho esquemático da abertura da plataforma	473
Figura A-15 – Fotografias de conjuntos de contentores modelo Citytainer	474
Figura A-16 – Desenho esquemático da recolha de contentores subterrâneos com plataforma.....	474
Figura A-17 – Fotografia de um ecoponto subterrâneo, de plataforma a gás	475
Figura A-18 – Desenho técnico de contentores de 1000 l, de tampa plana	476
Figura A-19 – Fotografias dos contentores de 1100 litros de tampa curva	476
Figura A-20 – Pormenores dos apoios laterais (DIN), pegas, rodas	476
Figura A-21 – Pormenores das bocas de deposição - Embalão, Papelão	477
Figura A-22 – Pormenores dos sistemas de engate lateral existentes e travão das rodas.....	477
Figura A-23 – Desenho técnico de contentores de duas rodas de 240 litros	478
Figura A-24 – Fotografias de contentores de duas rodas.....	478
Figura A-25- Sacos translúcidos utilizados na recolha selectiva porta-a-porta	479
Figura A-26- Sacos de supermercado com fita, utilizados na recolha selectiva porta-a-porta.....	479
Figura A-27 – Fotografias de um Ecoponto Prismático e de um Vidrão Iglo de argola dupla. Pormenor da abertura do fundo	480
Figura A-28- Fotografias de um contentor de recolha recolha traseira subterrâneo, com plataforma elevatória	482

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II-1: Classificações existentes para o tipo de serviço	64
Tabela II-2 – Sistematização das designações e definição dos diferentes tipos de serviço descritos na bibliografia	65
Tabela II-3 – Classificações existentes para o método de recolha.....	70
Tabela II-4 – Classificações existentes para recipientes	72
Tabela II-5 – Classificações existentes para recipientes	73
Tabela II-6 – Classificações existentes para viaturas	76
Tabela II-7 – Classificações existentes para a origem ou tipos de resíduos e separação	77
Tabela II-8 – Indicadores do PERSU II relacionados com a recolha (adaptado de (PERSU II, 2007))	95
Tabela III-1 – Publicações, comunicações e artigos científicos publicados no decurso do projecto de investigação.....	115
Tabela III-1. Operações unitárias consideradas na definição de variáveis e indicadores de serviço.	133
Tabela III-2 – Variáveis operacionais de equipamento (características físicas e design dos contentores e viaturas)	136
Tabela III-3 – Variáveis operacionais de serviço (sensíveis às características dos resíduos e condições operacionais)	137
Tabela III-5 – Variáveis financeiras de equipamento (independentes da zona de serviço)	138
Tabela III-6 – Variáveis financeiras de serviço (sensíveis às características dos resíduos e do serviço) para o sistema de recolha (conjunto contentor e viatura)	138
Tabela III-7: Custos de manutenção de contentores indicados pelas diferentes fontes de informação	155
Tabela III-8: Custos de manutenção por tipo de viatura indicados pelos fornecedores e percentagem deste custo no custo de aquisição	157
Tabela III-9: Custos de manutenção por tipo de viatura apresentados pelas entidades gestoras e percentagem deste custo no custo de aquisição	158
Tabela III-10: Valores percentuais a aplicar sobre os custos de aquisição para obter os custos de manutenção anuais das diferentes tipologias de viaturas de recolha	159
Tabela III-11: Área, população e densidade populacional dos três municípios da área de estudo....	169
Tabela III-12: Cronograma das campanhas de monitorização	171
Tabela III-13. Sistemas estudados – Caso de Estudo	171
Tabela III-15: Dimensão das amostras resultantes das campanhas de pesagem de contentores, por tipo de contentor e fluxo de resíduo.	182
Tabela III-16: Número de monitorizações de circuitos por município	184
Tabela III-17. Número de monitorizações de circuitos por sistema de recolha	184
Tabela III-18. Número de monitorizações por tipo de contentor e viatura	186
Tabela III-19. Número de monitorizações por fluxo de resíduos	186
Tabela III-20. Número de monitorizações de circuitos por turno de recolha (diurno/nocturno)	187

Tabela III-21. Número de monitorizações realizadas ao serviço de lavagem de contentores por tipo de serviço, tipo de contentor e por município/entidade.....	188
Tabela III-22. Número de monitorizações realizadas ao serviço de lavagem de viaturas.....	189
Tabela III-23: Valores das médias das taras para todas as combinações de tipos de contentores e fluxo de resíduo (tabela “TARAS” da base de dados em Access).	192
Tabela III-24: Capacidades líquidas assumidas, por tipo de contentor e fluxo de resíduo (Tabela “Cap Líquida” da Base de Dados Access)	194
Tabela III-25: Cálculo do desvio padrão das amostras para suportar a determinação da dimensão da amostra (exemplo).....	198
Tabela III-26: Número de registos de tempos de recolha por município	199
Tabela III-27: Análise da influência da compactação nos tempos de recolha	200
Tabela III-28: Análise da influência das puxadas nos tempos de recolha	201
Tabela III-29: Número de registos de tempos de recolha por sistema (tabela final, após tratamento de dados)	202
Tabela III-30.Tratamento de dados - Indicadores operacionais de serviço (circuito)	203
Tabela IV-1: Indicadores Operacionais de Equipamento (Recipientes e Viaturas)	255
Tabela IV-2: Indicadores Financeiros de Equipamento	257
Tabela IV-3 – Indicadores operacionais de serviço	263
Tabela IV-4: Indicadores de Serviço Financeiros.....	268
Tabela IV-5: Indicadores do Serviço de Lavagem de Recipientes	270
Tabela IV-6: Indicadores do Serviço de Lavagem de Viaturas	271
Tabela IV-7: Classificação dos indicadores de acordo com o grau de dificuldade e objectivo	274
Tabela IV-8: Indicadores de Equipamento Operacionais: objectivo e fontes de informação	275
Tabela IV-9: Indicadores de Serviço Operacionais: objectivo e fontes de informação.....	276
Tabela IV-10: Indicadores de Equipamento Financeiros: objectivos e fontes de informação	278
Tabela IV-11: Indicadores de Serviço de Recipiente e Viatura Financeiros: objectivos e fontes de informação	278
Tabela IV-12:Indicadores de Serviço de Lavagem de Recipientes, Operacionais e Financeiros: objectivos e fontes de informação	279
Tabela IV-13: Indicadores de Serviço de Lavagem de Viaturas, Operacionais e Financeiros: objectivos e fontes de informação	279
Tabela V-1: Classificação taxonómica dos recipientes da área de estudo.....	285
Tabela V-2: Classificação taxonómica das viaturas da área de estudo.	286
Tabela V-3: Classificação taxonómica dos sistemas de recolha da área de estudo	287
Tabela V-4: Recipientes analisados na área de estudo.....	290
Tabela V-5: Viaturas de recolha analisadas na área de estudo	292
Tabela V-6: Viaturas de lavagem analisadas na área de estudo.....	293
Tabela V-7: Sistemas de recolha onde se aplicaram os indicadores do MCBSR	294
Tabela V-8: Médias dos pesos específicos em contentor, por fluxo de resíduo.....	325

Tabela V-9: Resultados para o Indicador ISO.12 para os sistemas C3V7, C8V1 e C8V7 (considerando todos os registos das descargas de dois anos em Cascais)	342
Tabela V-10: Recipientes com os melhores e piores resultados nos Indicadores de Equipamento Operacionais	397
Tabela V-11: Recipientes com os melhores e piores resultados nos Indicadores de Serviço Operacionais	401
Tabela V-12: Indicadores de Equipamento Financeiros - Recipientes	403
Tabela V-13: Indicadores de Equipamento Operacionais - Viaturas	405
Tabela V-14: Indicadores de Equipamento Financeiros – Viaturas	405
Tabela V-15: Indicador de Serviço Financeiro - Viaturas.....	405
Tabela V-16: Indicadores de Serviço Operacionais - Sistemas.....	409
Tabela V-17: Indicador de Serviço Financeiro - Sistemas	410
Tabela V-18: Indicadores de Serviço Operacionais (de Circuito) - Sistemas	411
Tabela V-19: Indicadores de Serviço Financeiros (de Circuito) - Sistemas.....	413
Tabela V-20: Pesos percentuais das parcelas de custo no custo total, por tonelada.	414
Tabela V-21: Dados bibliográficos do peso específico no recipiente	416
Tabela V-22: Dados bibliográficos de tempos de recolha unitários do recipiente	417
Tabela V-23: Custo por tonelada da recolha selectiva, por material	419
Tabela AI.1.1 – Indicadores Globais de Caracterização do Sistema.....	450
Tabela AI.1.2 – Indicadores Operacionais – Planeamento de Circuitos, Tempos e Distâncias.....	451
Tabela AI.1.3 – Indicadores Operacionais – Combustível e Emissões	453
Tabela AI.1.4 – Indicadores Operacionais de Equipamento.....	454
Tabela AV-1: Amostras onde o teste estatístico foi aplicado.....	490
Tabela AIX.1.2 – Análise estatística do Indicador ISO.1 – Peso total máximo do recipiente (kg).....	528
Tabela AIX.1.3 – Análise estatística do Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos no recipiente (kg/m ³)	530

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

UE	União Europeia
RU	Resíduos Urbanos
GEE	Gases com efeito de efeito estufa
PERSU	Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ERSAR	Entidade Reguladora de Águas e Resíduos
CO ₂	Dióxido de Carbono
PAYT	Pay as you throw
AEA	Agência Europeia do Ambiente
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (Agência de Protecção Ambiente dos EUA).
INR	Instituto Nacional de Resíduos
ACV	Análise do ciclo de vida
PIRSUE	Plano de Intervenção de Resíduos Urbanos e Equiparados
MCBSR	Modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha
PAA	Programa de Acção em matéria de Ambiente
PCB	Bifenilos policlorados
PCT	Policlorotrifenilos
LER	Lista Europeia de Resíduos
SGR	Sistemas de gestão de resíduos (ou)
SMAUT	Sistemas multimunicipais, intermunicipais e autarquias
SIGRE	Sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens
SPV	Sociedade Ponto Verde
EUA	Estados Unidos da América
ET	Estação de tratamento
SIG	Sistema de informação geográfica
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
RFID	<i>Radio Transponder Frequency Identification</i>
wi-fi	Tecnologia de comunicações sem fios
Web-GIS	SIG que utiliza tecnologia web (rede de internet)
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto de Normalização Alemão)
EN	Normas europeias
MGB	<i>Mobile garbage containers</i> (contentores móveis de resíduos)
PEAD	Polietileno de alta densidade
PP	Polipropileno
PEBD	Polietileno de baixa densidade
SAD	Sistema de apoio à decisão
ID	Indicadores de Desempenho
RUB	Resíduos urbanos biodegradáveis
RSM	Reciclagem selectiva multimaterial
PDA	Personal Digital Assistant (aparelho/agenda eletrónica sem teclado)
IPC	Índice de Preços no Consumidor
GNC	Gás natural comprimido
PVP	Preço de venda ao público
CML	Câmara Municipal de Lisboa

EMAC	Empresa Municipal de Ambiente de Cascais
HPEM	Higiene Pública Empresa Municipal (Sintra)
kg	Quilograma (unidade de peso)
l	Litro (unidade de volume)
m ³	Metro cúbico (unidade de volume)
min.	Minuto (unidade de tempo)
m	Metro (unidade de comprimento)
m ²	Metro quadrado (unidade de volume)
cm ²	Centímetro quadrado (unidade de volume)
%	Percentagem
t	Tonelada (medida de peso)
km	Quilómetro (medida de comprimento)
unid	unidades
cont	contentor
€	euros
P/C	Papel/cartão
P/M	Plástico/metalo
V	Vidro
IRO	Indicador de recipiente operacional
IVO	Indicador de viatura operacional
IFR	Indicador de recipiente financeiro
IFV	Indicador de viatura financeiro
ISO	Indicador de serviço operacional
ISF	Indicador de serviço financeiro
ISRF	Indicador de serviço financeiro calculado para o recipiente
ISVF	Indicador de serviço financeiro calculado para a viatura
ISSF	Indicador de serviço financeiro calculado para o sistema (contentor+viatura)
ISLrO	Indicador de lavagem de recipiente operacional
ISLrF	Indicador de lavagem de recipiente financeiro
ISLvO	Indicador de lavagem de viatura operacional
ISLvF	Indicador de lavagem de viatura financeiro

I. INTRODUÇÃO

I.1 O SERVIÇO DE RECOLHA: ACTUALIDADE E PROBLEMÁTICA

I.1.1 RELEVÂNCIA E ACTUALIDADE

Em média, cada um dos 500 milhões de habitantes que vivem na União Europeia (UE) produz cerca de meia tonelada de resíduos domésticos por ano (CE, 2010a). Possivelmente nenhuma outra questão ambiental tem um lado de “gestão” tão forte e relevante como a dos resíduos e nenhuma outra tem o mesmo impacto sobre a vida quotidiana dos consumidores e produtores (Eurostat S. C., 2001).

Os resíduos constituem um desafio ambiental, social e económico (CE, 2005). Para além da degradação dos recursos naturais, uma gestão incorrecta dos resíduos pode dar origem a problemas de segurança e saúde humana (Taylor, 1999). Apesar dos progressos da UE na dissociação entre crescimento económico e as emissões de gases com efeito de estufa, a utilização de recursos continua a ser insustentável e ineficiente, e os resíduos não são ainda adequadamente geridos (Decisão n.º 1386/2013/UE, de 20 de novembro). A produção de resíduos reflecte uma perda de materiais e energia e impõe custos económicos à sociedade pela sua recolha, tratamento e eliminação (Ristić, 2005). Os resíduos são gerados pelas actividades de todos os sectores económicos, sendo geralmente considerados como um subproduto inevitável da atividade económica, resultando de processos de produção ineficientes, baixa durabilidade dos produtos e padrões de consumo insustentáveis (Ristić, 2005). A quantidade de resíduos continua a crescer e a sua natureza está em permanente mudança, compostos por uma mistura cada vez mais complexa de materiais, incluindo plásticos, metais preciosos e materiais perigosos que são difíceis de gerir em segurança (CE, 2010a). Quanto mais a civilização avança, mais problemas com a gestão de resíduos surgem: as crescentes e cada vez mais perigosas quantidades de materiais nos resíduos está a tornar-se num problema global dominante (Ristić, 2005), em particular nos centros urbanos, onde a gestão de resíduos urbanos (RU) assume especial complexidade.

Cada ano são produzidas na UE 2,7 mil milhões de toneladas de resíduos (em 2011, foram produzidas, em média, 503 kg de RU per capita na UE), no entanto, em média, apenas 40% dos resíduos são

preparados para a reutilização ou reciclados (EuroStat, 2013). O volume global de resíduos está a aumentar e a quantidade de resíduos enviada para aterro não está a diminuir (CE, 2005), uma vez que na grande maioria dos casos, a deposição de resíduos em aterro continua a ser a forma mais económica e portanto a via de eliminação mais atraente (El-Fadel, Findikakis e Leckie, 1997).

A política de resíduos da UE tem como objectivo assegurar que os resíduos sejam utilizados, sempre que possível, como matéria-prima para fabricar novos produtos. A reciclagem reduz a quantidade de resíduos que acaba em aterro, e assim a quantidade de matérias-primas necessárias, tornando-se fundamental numa Europa dependente da importação de matérias-primas escassas, ao proporcionar às indústrias materiais recuperados a partir de resíduos, como papel, vidro, plástico e metais, bem como metais preciosos (CE, 2010a). A reciclagem também poupa energia: reciclar uma lata de alumínio, por exemplo, economiza cerca de 95% da energia necessária para fazer uma nova (CE, 2010a). De facto, os resíduos podem potenciar uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, criar oportunidades de negócio e valor acrescentado e promover a criação de emprego, colocando-os no centro de uma “Economia Verde” (PERSU 2020 - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos, aprovado pela Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro). A nova abordagem para a gestão de resíduos ultrapassa a ambição de uma sociedade focada na minimização dos impactes ambientais associados à gestão dos resíduos, e adopta o paradigma de uma economia tendencialmente circular, com optimização dos recursos materiais e energéticos (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) e minimização dos impactes no ambiente e na saúde humana, presente no relatório “Uma visão para o setor dos resíduos” da OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE, 2011).

Em Portugal, o sector resíduos tem sofrido uma revolução nos últimos anos, promovida pela constante pressão da UE, que em 1997 conduziu ao primeiro Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU I). A quantidade de RU produzidos em Portugal em 2012 foi de 4,8 milhões de toneladas (que equivale a 34% do total de resíduos produzidos), dos quais 12% foram encaminhados para valorização multimaterial, 16% para valorização orgânica, 18% para valorização energética e os restantes 54% foram encaminhados diretamente para aterro (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) tendo originado emissões de gases com efeito de efeito estufa (GEE) na ordem dos 2,6 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes, ou seja, 32,1% das emissões do setor dos resíduos e 3,8% das emissões totais de GEE nacionais estimadas para esse ano (APA, 2012).

Portugal tem melhorado lentamente na recolha selectiva mas continua na cauda da Europa (Figura I-1), com uma taxa inferior a 20% (EEA, 2013a). Apesar dos aumentos anuais na recolha selectiva com vista à reciclagem e à preparação para reutilização e reciclagem, que em 2012 atingiu 24% (% RU recicláveis), as retomas de resíduos de embalagens recicláveis ficaram sempre aquém das metas estabelecidas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro). Em 2014, dos 4,3 milhões de toneladas de RU produzidos (1,2 kg/hab.dia), apenas 504 milhares de toneladas correspondem a recolha selectiva para reciclagem (ERSAR, 2015), pelo que o país terá que fazer um esforço excepcional para cumprir com a meta de reciclagem estabelecida pela Directiva Quadro de Resíduos, de 50% em 2020 (EEA, 2013b). Este cenário agravou-se no início deste ano, com a adopção do novo “pacote de Economia Circular” pela Comissão Europeia, que estabelece, para 2030, um objectivo de reciclagem de 65% para os RU e de 75% dos resíduos de embalagens, e um objetivo de redução da deposição em aterro para um máximo de 10% de todos os resíduos. Como resultado da crise económica, assistiu-se também a uma inversão da tendência de contínuo crescimento na produção de RU: em 2012, produziram-se em Portugal menos de 12,5% de RU que em 2010 (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) uma redução considerável e que constituiu um desafio de adaptação e optimização do serviço de recolha. De acordo com os dados dos mapas de registo de RU de 2014, divulgados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), esta tendência de decréscimo inverteu-se em 2014, onde se registou a produção de mais 2% de RU em Portugal que em 2013 (APA,

2016), tendo a quantidade de RU recolhidos selectivamente atingido os 61,4 kg/hab.ano (PORDATA, 2015).

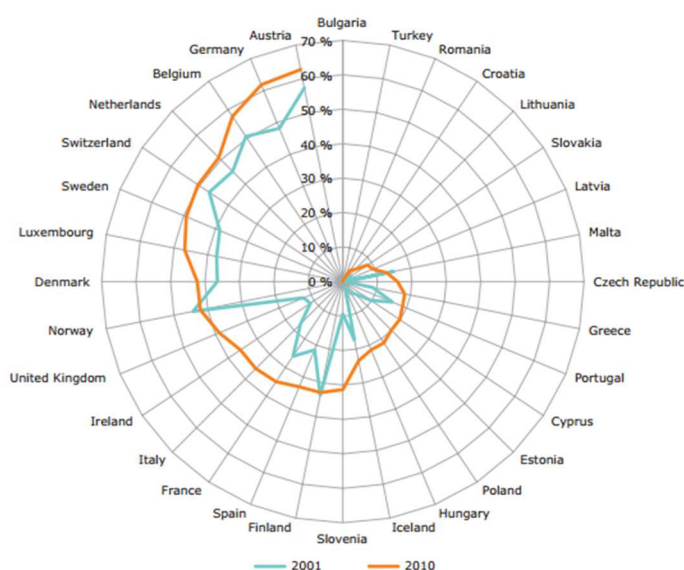


Figura I-1: Taxa de reciclagem de resíduos nos países da Europa, em 2001 e 2010 (EEA, 2013a).

O plano estratégico actualmente em vigor, o PERSU 2020, prevê o “aumento da reciclagem e da qualidade dos recicláveis, privilegiando a actuação a montante da cadeia de gestão de RU”. Uma das medidas previstas é o apoio a “projectos inovadores de recolha selectiva, nomeadamente porta-a-porta e outras soluções alternativas com potencial de aumento da eficácia da recolha”. Neste caso, importaria definir e especificar como avaliar esta “eficácia”, uma questão que este projecto de investigação pretende ajudar a responder.

Outra medida prevista no PERSU 2020 e que importa destacar é “alargar e otimizar as redes de recolha selectiva e formação especializada”. Ora, em Portugal, de acordo com os dados da Entidade Reguladora de Águas e Resíduos - ERSAR (ERSAR, 2015), a cobertura das redes de recolha selectiva atingiu já valores bastante satisfatórios, pelo que mais do que investir no alargamento da rede, interessa investir na optimização do serviço, que só é possível pelo conhecimento do desempenho operacional e financeiro do mesmo. Este conhecimento nem sempre se verifica, considerando a complexidade da recolha e actualização da informação necessária e a falta de recursos humanos e *know-how* existente na maioria dos municípios, onde nem sempre estão implementados sistemas de contabilidade organizada com centros analíticos suficientemente detalhados para obter os dados de custo necessários. A adesão por parte dos municípios aos sistemas e *softwares* de gestão e monitorização do serviço já disponíveis no mercado, que suportariam a recolha e manutenção de bases de dados fiáveis, também não foi ainda generalizada.

Concluindo, a actualidade do tema da recolha de RU e em particular da recolha selectiva é indiscutível, quer a nível nacional quer internacional. A nível nacional, da análise *swot* apresentada no PERSU 2020, destaca-se a boa cobertura da rede de recolha de RU, que é no entanto acompanhada por uma quantidade de resíduos da recolha indiferenciada muito superior à selectiva. Destaca-se também como fraqueza a não integração ou concertação na logística da recolha indiferenciada e recolha seletiva, a insustentabilidade económica e financeira do sector e a falta de recuperação de custos na recolha. O financiamento comunitário para investimentos no sector, o reforço dos poderes do regulador, o alargamento da cadeia de valor (recolha a montante, reciclagem a jusante) e a redução das emissões de CO₂ associadas à recolha, são oportunidades que se devem destacar desta análise, acompanhadas,

no entanto, pela indefinição no modelo de cálculo dos valores de contrapartida para os resíduos de embalagem e pelo crescimento de redes paralelas de diversos fluxos de resíduos, num contexto de debilidade económico-financeira nacional e de constrangimentos e limitações no sector empresarial do Estado.

Finalmente, importa reforçar a actualidade da sustentabilidade económica do sistema de gestão de resíduos. A progressiva melhoria e modernização do serviço exigida por um público cada mais preocupado é agora mais cara que as práticas antigas (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993), mas a gestão de resíduos tem uma tradição de baixos custos. Em muitos países do mundo, a recolha de resíduos é financiada por diferentes formas de impostos locais e as pessoas não estão conscientes do seu custo real (Dahlén e Lagerkvist, 2010a). A nível nacional, os municípios ainda não transferem para o cidadão os custos efectivos da gestão dos resíduos, internalizando em muitos casos uma larga parcela da tarifa cobrada pelos Sistemas, com as inerentes consequências negativas ao nível das finanças locais (PERSU II, publicado pela Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro; ERSAR, 2015). O número de estudos com o objetivo de avaliar a eficiência do sector público na gestão de resíduos tornou-se cada vez mais relevante, devido a restrições orçamentárias e à crescente importância deste sector na economia de cada país (Marques e Simões, 2009), e a revisão dos sistemas de tarifários de acordo com o novo “regulamento tarifário dos serviços de gestão de resíduos”, passou a ser vinculativa este ano para todas as entidades gestoras prestadoras de serviços de gestão de RU (ERSAR, 2014). Um instrumento económico-financeiro relevante para orientar o comportamento dos consumidores e garantir a sustentabilidade dos serviços, e que visa traduzir o princípio do poluidor-pagador é a adopção de sistemas “PAYT” – *pay as you throw* modernos, prevista no PERSU 2020 e cuja implementação, para ser justa e eficaz, obriga ao conhecimento detalhado de todas as parcelas de custo da gestão de resíduos (Reichenbach, 2008; Bilitevsk, 2008). Exige também que sejam cumpridas várias condições técnicas preliminares de acesso ao serviço, para que a fixação de uma tarifa de incentivo seja compatível com o equipamento e serviços oferecidos pela entidade gestora (Le Bozec, 2008).

Neste cenário, quando os resíduos são encarados como recursos e o conceito de eficiência é basilar na sustentabilidade das operações de gestão, a escolha das melhores soluções nas operações de recolha, a montante das diversas opções de tratamento e com um peso considerável nos custos totais de gestão, será determinante no sucesso dos diferentes sistemas implementados e um desafio que deve ser encarado de forma objectiva.

O novo quadro financeiro da UE para 2014-2020 é assim uma oportunidade a não perder pelos municípios, cuja responsabilização e capacitação para a aplicação das boas práticas do sector e procura das melhores soluções tecnológicas disponíveis no mercado que conduzam a uma “maior eficácia na recolha”, é fundamental para a crescimento sustentado deste sector em Portugal.

I.1.2 PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO

A diversidade e complexidade das soluções de recolha selectiva

A taxa crescente de produção de resíduos *per capita* e os avanços tecnológicos no acondicionamento de produtos, cria uma constante alteração no conjunto de parâmetros que determinam a concepção das soluções de gestão integrada de resíduos (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). Os sistemas de recolha resíduos domésticos variam em todo o mundo, desde a ausência de recolha organizada até à recolha selectiva de dez tipos de materiais recicláveis à porta de casa em veículos multi-compartimentados (Dahlén e Lagerkvist, 2010b).

A política e as disposições legais adoptadas na UE relativa aos resíduos, nomeadamente em relação às metas de reciclagem e valorização decorrentes da Directiva 94/62/CE, de 20 de Dezembro¹, introduziu uma grande pressão nos sistemas em alta e entidades gestoras em baixa², obrigando-os a alterar ou otimizar as soluções técnicas de recolha selectiva. Muitos municípios pretendem atingir as elevadas taxas de recuperação essencialmente através de separação na origem, apostando na ampliação da rede de ecopontos para aumentar a cobertura (n.º habitantes/ecoponto) ou mesmo alterando os sistemas de recolha implementados (e.g. porta-a-porta), exigindo um aumento do número de circuitos de recolha e apoio logístico consideráveis, tais como veículos, contentores, recursos humanos, e combustível e assim dos custos totais da gestão por tonelada recolhida (Tanskanen e Melanen, 1999; Tanskanen e Kaila, 2001; Teixeira, Russo e Bentes, 2014). Em simultâneo, estabelecem padrões de higiene mais elevados, baixos níveis de ruído e melhores condições de trabalho.

O objectivo de aumentar a reciclagem de resíduos parece ser válido para os próximos anos (Larsen *et al.*, 2010), e a recolha selectiva de resíduos de embalagens, em particular, revelou-se essencial para o cumprimento das metas impostas pela UE, embora seja ainda necessária uma recolha mais eficiente destes resíduos (Lelah, 2011).

Como resposta a estas pressões, foi desenvolvido um enorme espectro de medidas e de diferentes soluções técnicas para os diferentes tipos de problemas e resíduos durante as últimas décadas (UBA, 2009), promovendo uma ampla gama de sistemas de recolha selectiva em toda a Europa, que originou uma série de estudos que comparam as estratégias de gestão nos diferentes países europeus (Iriarte, 2009; Gallardo *et al.*, 2012). Existem inúmeras soluções de sistemas de recolha de RU implementadas, mas que não estão bem documentadas, com descrições a aplicações diversas e muitas vezes inadequadas, dificultando a sua comparação e avaliação (Dahlén e Lagerkvist, 2010b; Kogler, 2007).

A gestão de resíduos em áreas urbanas é um problema complexo, constituindo um dos problemas mais sérios que os centros urbanos enfrentam (Ribeiro *et al.*, 2011; Ristić, 2005). Trata-se de um serviço único, ao ser disponibilizado a todos os utentes numa base diária e constituir a componente mais visível do sistema de gestão de RU. As autoridades locais são geralmente responsáveis pela recolha de RU, pelo que a monitorização e *benchmarking* deve ser realizada a nível local (Dahlén *et al.*, 2009), mas a elevada complexidade operacional e logística, associada a uma alteração constante dos parâmetros que determinam a concepção dos sistemas de recolha – i) a variação da capitação de resíduos, ii) os avanços tecnológicos verificados nas embalagens; iii) o desenvolvimento de diferentes equipamentos e soluções tecnológicas, e iv) a evolução do enquadramento legal com metas de reciclagem cada vez mais exigentes, torna a gestão deste serviço difícil para os municípios. Os parágrafos seguintes irão concretizar a especificidade, relevância e problemática que a gestão deste serviço envolve.

¹ Directiva 94/62/CE (Directiva Embalagens) revista e alterada pelas Directivas 2004/12/CE, de 11 de Fevereiro e 2005/20/CE, de 9 de Março de 2005, relativas à gestão de embalagens e resíduos de embalagens, transpostas para ordem jurídica interna pelos Decreto-Lei n.º 366 A/97, de 20 de Dezembro, n.º 162/2000, de 27 de Julho e n.º 92/2006, de 25 de Maio.

² Os serviços de águas e resíduos têm sido classificados segundo as designações de alta e baixa, consoante as atividades realizadas pelas várias entidades gestoras. Esta classificação, que passou a ser largamente utilizada a partir da publicação do Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de novembro, esteve no cerne da criação dos sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela alta, e dos sistemas municipais, maioritariamente responsáveis pela baixa, e que correspondem, respetivamente, às atividades grossista e retalhista dos setores de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos (ERSAR, 2015).

O papel da recolha na gestão integrada de resíduos urbanos

A recolha é uma tarefa altamente visível e indispensável para as autoridades municipais, que compreende 5 a 25% dos orçamentos públicos locais, envolvendo problemas operacionais difíceis (McLeod e Cherrett, 2011; Faccio, 2011; Ghose, 2006). De facto, os RU assumem especial relevância no contexto da gestão global de resíduos por apresentarem características que os distinguem dos demais resíduos, como a composição, os modelos de gestão e a origem. Em termos de composição, os RU são uma grande fonte de bens recicláveis, contendo, em média, de 30 a 60% de material recuperável energética ou materialmente, pelo que a sua reciclagem é uma das chaves importantes do desenvolvimento sustentável (Veras, 2012), mas a sua natureza é muito heterogénea, variando de papel ou vidro até resíduos orgânicos biodegradáveis, e a sua taxa de geração e composição dependem do desenvolvimento económico, ou seja, da taxa de produção e consumo de bens (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). A esta complexidade acresce o elevado e disperso número de produtores e origens dos RU (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) e a ameaça que o constante contacto físico com os resíduos representa para a saúde dos trabalhadores (Taylor, 1999).

A recolha de resíduos é assim uma das fases mais importantes do ciclo de geração-transformação-eliminação de resíduos (Bautista, 2006), mas apesar de desempenhar um papel central, ela é muitas vezes subestimada no sistema de gestão de resíduos (UBA, 2009), com consequências graves. A oportunidade de influenciar a gestão de resíduos é dada logo no início do processo: o método utilizado para recolher os resíduos separados na origem – o tipo, tamanho e combinação dos recipientes usados e a frequência da recolha, irão influenciar a composição dos resíduos, bem como a qualidade e a quantidade dos materiais recicláveis recolhidos separadamente e, portanto, o *layout*, *design* e custos de separação e processamento das instalações em alta (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Bilitewski, Wagner, e Reichenbach, 2010; Satué, 2000). Devido ao grande consumo de combustível e trabalho envolvido, a recolha de RU é geralmente a componente mais poluente e cara na gestão de RU, que pode representar de 50 a 80% dos custos totais (Sonesson, 2000; Tchobanoglous, Theisen, e Vigil, 1993; Johansson, 2006; Tavares *et al.*, 2009; Sora e González, 2014; Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010), pelo que a melhoria na concepção dos sistemas de recolha poderia resultar em ganhos substanciais.

Para além de ser a componente mais poluente e cara, a recolha é também a componente mais visível do sistema de gestão de RU. É o ponto de contacto entre os produtores de resíduos e os sistemas de gestão, e portanto a fase que maior impacte tem sobre o público: mesmo uma recolha eficiente e regular pode ser uma fonte de problemas como o ruído nocturno, congestionamento do tráfego, impactes visuais, ocupação do espaço público, odores e acidentes de trabalho (Poulsen, *et al.*, 1995; Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003) que se não forem minimizados, podem contribuir para uma imagem negativa de todo o sistema. De facto, um sistema de recolha mal desenhado ou com um número insuficiente de pontos de recolha tem um enorme impacte sobre os custos de mão-de-obra, operacionais e de transporte, sobre a saúde pública e o meio ambiente (Arribas, 2010; Teixeira, Russo e Bentes, 2014). A baixa velocidade média dos veículos de recolha e as inúmeras paragens durante os circuitos, têm mais consequências no congestionamento de tráfego, poluição do ar e ruído nas cidades, do que outros tipos de transportes de carga (Johansson, 2006). Os sistemas de recolha devem assim prever circuitos que minimizem as distâncias e tempos de percurso, uma vez que para além da redução de custos, circuitos otimizados significam também redução de impactes ambientais (Martinho, 2006).

A relação entre os utentes e os operadores de resíduos deve ser alimentada e equilibrada, de forma a satisfazer ambas as partes: os produtores querem os seus resíduos recolhidos com o mínimo de inconveniente, enquanto os operadores precisam de receber os resíduos de uma forma que seja compatível com os tipos de tratamento utilizados (Gallardo *et al.*, 2010). Em Portugal, verifica-se que a maioria dos recicláveis separados na origem são recolhidos através de sistemas de deposição colectiva, que têm sido associados a problemas tais como contentores demasiado cheios, deposição

de resíduos no chão, baixas taxas de recuperação e contaminação (Petersen e Berg, 2004). De facto, a recolha é também a componente que mais depende das atitudes e comportamentos dos cidadãos, e da sua taxa de participação, cuja incerteza é mais um factor que acrescenta complexidade ao planeamento e organização de circuitos de recolha selectiva. A percepção do que é importante depende da parte interessada: a empresa de gestão de resíduos, a autoridade local, a agência nacional de protecção do ambiente, o investigador de resíduos, o ambientalista, e o público em geral, têm diferentes perspectivas (Dahlén e Lagerkvist, 2010b).

Sendo um serviço onde a responsabilidade final permanece no sector público (Taylor, 1999), a operação da recolha de RU pode ser realizada ou directamente pelas autarquias, ou ser delegada por estas a empresas de capitais públicos ou privados (Levy, Oliveira e Brito, 2004). Sendo um serviço público, verifica-se que apesar da exigência das metas estabelecidas pela UE, este serviço facilmente se distancia do conceito de eficiência, uma vez que não opera num sistema de “mercado livre”, actuando como um monopólio natural e, como tal, frequentemente caracterizado por reduzidos incentivos à eficiência e inovação (Marques e Simões, 2009). Envolve ainda as restrições comuns que se podem enfrentar no sector público, como equipas excessivas, equipamentos obsoletos, procedimentos de contratação pesados, horários de trabalho inflexíveis, limitações sobre mudanças de gestão, supervisão inadequada, e sindicatos de trabalhadores fortes (Massouda, El-Fadelb e Malak, 2003). Esta ausência de mercado tem-se traduzido na prática pela fraca sustentação das soluções adoptadas entre os vários sistemas de recolha possíveis, frequentemente baseada na experiência prática e métodos intuitivos, que resultam em práticas de gestão ineficientes e onerosas, afectando tanto a saúde pública como o ambiente (Arribas C. A., 2010).

De facto, mesmo quando os serviços de recolha de resíduos são executados por operadores do sector privado, que têm mais incentivos para desenvolver inovações que melhorem a qualidade e/ou reduzam os custos do serviço (Bel e Miralles, 2003), os municípios não têm, normalmente, o *know-how*, recursos humanos ou tecnologia de informação necessários para planear e suportar as suas ofertas públicas, onde deveriam ser introduzidos índices de desempenho adequados, que suportassem a escolha dos vencedores (Gamberini R. L., 2009). Acresce ainda que a maioria dos contratos de concessão a privados contam com o peso de resíduos como a base primária de facturação, incentivando as empresas a maximizar a carga recolhida, e desencorajando assim a recolha selectiva (Massouda, El-Fadelb e Malak, 2003). Neste contexto, a disponibilidade de bases de dados com as características dos serviços de recolha de resíduos existentes, em função das características das comunidades onde são implementados, será uma ferramenta útil para as pessoas envolvidas na definição prévia de ofertas públicas e nas avaliações dos concorrentes (Chowdhury, 2009).

Outros dos problemas deste serviço é o acesso e gestão da informação relevante para a sua optimização. Até recentemente, a definição de circuitos não obedeceu a um planeamento cuidado e exaustivo, por razões de ordem histórica (Levy e Cabeças, 2006), mas a evolução da qualidade e acessibilidade a dados geográficos e demográficos (e.g. distâncias, número de habitantes) e “democratização” dos sistemas de informação geográfica (SIG), permitiu que o dimensionamento e planeamento do serviço de recolha ficasse mais preciso. Os modelos de optimização de circuitos usam dados espaciais de forma extensiva, existindo diversas vantagens na utilização de SIG no sector de RU (Tavares *et al.*, 2009; Rada, Ragazzi e Fedrizzi, 2013; Sanjeevi e Shahabudeen, 2016). Desde 2000 que os SIG e *softwares* de optimização são utilizados para reduzir as distâncias percorridas nos circuitos (Sanjeevi e Shahabudeen, 2016; Hashimotoa, 2006) e optimizar a localização e cobertura dos contentores (López *et al.*, 2007), no entanto, estes *softwares* necessitam de dados de *input* detalhados, como o número e capacidade dos contentores, capacidades dos veículos de recolha, o peso específico dos resíduos em contentor, taxas de enchimento, tempos de recolha, número de horas trabalhadas, entre outros (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001; Sonesson, 2000; Ghose, 2006; Tavares *et al.*, 2009; González-Torre, Adenso-Díaza e Ruiz-Torres, 2003; Johansson, 2006), que nem sempre estão

disponíveis ou dependem fortemente de estatísticas e dados empíricos, como é o caso do peso específico em contentor e tempos de recolha para cada tipo de sistema e fluxo de recolha.

Concluindo, a recolha de RU é um serviço público que tem como papel principal garantir a salubridade e qualidade de vida urbana, mas outros papéis lhe têm sido atribuídos:

- Técnico: a forma como os resíduos são recolhidos pode influenciar suas propriedades e, consequentemente, as tecnologias de tratamento de resíduos (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010);
- Legal: as políticas e disposições legais aprovadas na UE relativa aos resíduos promoveram o desenvolvimento de uma ampla gama de soluções técnicas para diferentes tipos de problemas e fluxos de resíduos durante as últimas décadas (Iriarte, 2009; Gallardo *et al.*, 2012; Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010);
- Ambiental: a recolha de RU tem vindo a promover a reciclagem, através da separação na origem e recolha selectiva de materiais recicláveis, e tem também sido conduzida para reduzir a emissão de GEE, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis ou substituindo-os por não fósseis, como o biogás;
- Social: a recolha de RU é o ponto de contacto, a identidade do sistema de gestão de resíduos. Sem uma comunicação adequada, todo o esforço na sensibilização e promoção da separação de resíduos na fonte resíduos pode falhar (Tanskanen e Melanen, 1999). É um serviço público que tem que estar disponível para todos, considerando o imperativo de manutenção da saúde pública. É também a componente da gestão integrada de resíduos que mais empregos cria, pelo que tem uma dimensão social que não existe na triagem e reciclagem (Satué, 2000).
- Económico: a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA) recomenda métodos e sistemas de recolha que sejam económica e ambientalmente sólidos (Kaliampakos, 2007). A recolha de RU é uma operação cara, em termos de custos de investimento (frota de veículos), custos operacionais (combustível, manutenção) e os custos ambientais (emissões, ruído e congestionamento de tráfego) (Faccio, 2011; Rigamonti *et al.*, 2015), e quando o serviço é gerido com base na responsabilidade alargada do produtor, os seus custos devem ser assegurados pela tarifa, no entanto, nem sempre é esta a prática (Rigamonti *et al.*, 2015).

Considerar todos estes papéis e tomar decisões sustentáveis na selecção e gestão de um sistema de recolha de RU não é uma tarefa fácil, constituindo um desafio que este trabalho pretendeu enfrentar.

O conflito entre os benefícios ambientais e o equilíbrio financeiro da reciclagem

A utilidade da separação na fonte e dos sistemas de deposição selectiva é frequentemente questionada, uma vez que os benefícios ambientais da reciclagem dos materiais podem ser anulados pelo aumento dos transportes envolvidos (Petersen e Berg, 2004). O planeamento de sistemas de gestão de resíduos torna-se assim um exercício de equilíbrio entre um conjunto de objectivos que podem ser opostos, tais como a minimização de custos e a recuperação de recursos, existindo a necessidade de examinar de forma holística o efeito interactivo dos mesmos em termos de custos e benefícios associados (Shekdar e Mistry, 2001).

De facto, o peso que o conhecimento científico tem nas ambiciosas políticas de reciclagem adoptadas nos últimos anos em vários países é questionado por Dahlén e Lagerkvist (2010b) e por Wilson (2007). Jenkins (2003) acrescenta que os decisores políticos e os planeadores de resíduos sólidos precisam de mais informações sobre os efeitos dos programas de reciclagem sobre as quantidades de materiais reciclados ou eliminados como resíduos. Parfitt (1997) afirma que o ritmo da tomada de decisões não tem sido acompanhado por um esforço igual no fornecimento de estatísticas de resíduos significativas, e Kirkeby *et al.* (2006) conclui que desde há décadas que a hierarquia de gestão de resíduos tem regido

gestão dos mesmos, mas o *ranking* das diferentes abordagens nem sempre é o mais correcto do ponto de vista ambiental.

A utilização da análise do ciclo de vida (ACV) em sistemas e tecnologias de resíduos pode ser uma alternativa, ao fornecer uma avaliação mais detalhada e completa dos aspectos ambientais (CE, 2005; Kirkeby *et al.*, 2006). Neste contexto, a Directiva-Quadro Resíduos introduziu o conceito de ciclo de vida nas políticas de resíduos (CE, 2010a), que implica uma base sólida de informações científicas e económicas para a política de resíduos e uma previsão e modelação mais sistemáticas, onde a Agência Europeia do Ambiente (AEA), o Eurostat e o Centro Comum de Investigação desempenham um papel fundamental (CE, 2005). Deve-se facilitar a utilização dos instrumentos de análise de ciclo de vida na tomada de decisões políticas, desde o nível local até ao nível europeu, desenvolvendo com a comunidade científica e as partes interessadas uma metodologia e orientações básicas (CE, 2005).

Para além dos benefícios ambientais, a questão é também colocada a nível financeiro, uma vez que as receitas geradas pela venda de materiais reciclados nos mercados não costumam ser suficientes para cobrir o custo de um programa de reciclagem municipal (Folz, 1999). De facto, a nível nacional, o valor que se obtém dos recicláveis é muito inferior aos custos de recolha e tratamento (Levy, 2007), um argumento citado frequentemente pelos críticos da reciclagem como evidência da sua insensatez económica, sustentando que a reciclagem se deveria pagar a si própria (Folz, 1999). Em 2006, o Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos - PIRUE (DR, 2006) destacava uma realidade que se mantém actual em Portugal: a baixa recuperação de materiais por via da recolha selectiva, muito distantes do potencial presente nos RU, apesar dos investimentos realizados a nível da recolha selectiva e grau satisfatório de cobertura da população. Destacava também o agravamento dos custos de recolha, quer pela *“inadequação dos esquemas operativos (frequência e trajectos de recolha, afectação de viaturas e meios humanos)”*, quer por *“localizações dos ecopontos menos apropriadas”*, tendo definido como medida a *“racionalização da logística da recolha selectiva”*, com vista à *“optimização do binómio quantidades recolhidas/custos de operação, traduzida na adopção dos esquemas operativos mais favoráveis”*. Esta realidade tem evoluído com a tomada de consciência de que em ambiente de eficiência, os utilizadores têm que pagar pela totalidade dos serviços prestados (ERSAR, 2015) e que a diferença entre os custos do sistema e as receitas provenientes da venda dos recicláveis deve ser assegurada pela tarifa aplicada. A avaliação do desempenho e, em particular, a utilização de *benchmarking* podem assim desempenhar um papel notável (Marques e Simões, 2009).

A recolha enquanto área de estudo e investigação

A operação de recolha de RU exige soluções operacionais, económicas e ambientais robustas, mas apesar de representar a maior fatia de custos na gestão de resíduos (UBA, 2009), não tem sido o objecto mais estudado nos sistemas de gestão integrados de resíduos. Esta afirmação é sustentada por (Allesch e Brunner, 2014) que apresentam uma revisão de 151 estudos sobre métodos de avaliação da gestão de resíduos, tendo em vista seus objetivos, metodologias, sistemas investigados, e os resultados em relação às questões económicas, ambientais e sociais: a maioria dos estudos baseiam-se em avaliações do ciclo de vida, tomada de decisão multi-critério, análise custo-benefício, avaliação de risco e *benchmarking*; no que respeita aos aspectos estudados, verifica-se que a maioria se concentra nos RU; os aspectos económicos são considerados em aproximadamente 50% dos estudos, sendo se destacar que, no que respeita ao objecto de estudo, apenas 9% dos estudos analisa a operação de recolha (32% estuda todo o sistema de gestão, 46% o tratamento, 11% a reciclagem, e 3% outros).

Vários modelos computacionais de planeamento estratégico têm sido desenvolvidos para calcular as taxas de recuperação, custos e emissões dos sistemas de gestão de RU (Tanskanen e Melanen, 1999); os dados sobre o impacte ambiental dos diferentes sistemas e sobre as suas fases são também muito abundantes, mas verifica-se que sobre outras áreas específicas, tais como os sistemas de contentores,

são escassos (Rives et al., 2010) e a descrição dos sistemas é geralmente insuficiente para estudar a capacidade das estratégias de separação do ponto de vista técnico (Tanskanen e Melanen, 1999). Na maioria dos sistemas de recolha, o uso de contentores é extenso, mas tem sido observado que a aquisição de um tipo particular de contentor por uma instituição corresponde, na maioria dos casos, a critérios económicos ou estéticos (Rives et al., 2010).

Esta situação é agravada pela dificuldade na obtenção de dados comparáveis decorrente da falta de harmonização de metodologias, definições e classificações (Rodrigues, Martinho e Pires, 2013). Concretizando, (Dahlén et al., 2009) identificou e caracterizou as diferentes fontes de erro nos dados de recolha disponíveis, agrupando-as em i) “problemas gerais de dados”, como a definição incorrecta do que são RU; ii) “incertezas relacionadas com “categorias de resíduos específicas”, como a influência do número e frequência da publicação de jornais e de produção de cartão das actividades comerciais nas quantidades de papel/cartão recolhidas (que não dependem assim apenas do sistema ou adesão da população), iii) “dados pouco fiáveis dos centros de reciclagem” por receberem resíduos de origem comercial, apesar de se destinarem a origem doméstica; e finalmente em iv) “dados da análise das componentes dos RU em contentor não comparáveis”, por não existirem métodos *standard*, que dificultam a comparação.

A investigação será sempre necessária, tanto para desenvolver novas tecnologias como para aperfeiçoar as existentes. O efeito dos factores controlados na gestão de resíduos, que são motivo de preocupação para os decisores no planeamento da gestão de resíduos, devem, idealmente, ser investigados individualmente e empregados no planeamento da recolha de resíduos e na previsão dos resultados (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). No plano financeiro, os investigadores devem considerar as implicações que a sua pesquisa tem sobre os custos de fim de linha, para os cidadãos, que são os utilizadores e beneficiários finais da tecnologia de gestão de resíduos sólidos e prestadores dos fundos necessários. Só com custos optimizados podemos esperar ver uma aplicação adequada da tecnologia de gestão de resíduos em todos os países do mundo (Ross, 2010).

Concluindo, muitos dos problemas da recolha podem ser resolvidos pela escolha e aplicação adequada de um sistema de recolha e através de informação e *feedback* adequados ao público (Petersen e Berg, 2004), envolvendo todos os *stakeholders* no planeamento, implementação e monitorização das alterações ao sistema (Wilson e Scheininberg, 2010), incluindo os cidadãos, que são os utilizadores finais, beneficiários e financiadores dos sistemas. É assim importante considerar os dados dos diferentes fluxos de resíduos no âmbito da concepção técnica do sistema de recolha e relacioná-los com as componentes relevantes nas actividades de recolha (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). A harmonização do desenvolvimento dos sistemas de recolha selectiva e indiferenciada com os sistemas de tratamento dos fluxos de recolha, implícita na gestão integrada de resíduos é também fundamental. É o potencial do sistema como um todo - a recolha e tratamento – que permite manter a flexibilidade a mudanças dinâmicas no desempenho do sistema, a alterações na composição dos resíduos e nos custos do tratamento (Hogg, 2001).

I.2 ÂMBITO E OBJECTIVOS

Os sistemas de recolha são uma componente relevante dos sistemas de gestão de RU implementados em todo o Mundo, no entanto, o seu desenvolvimento foi desorganizado e desigual promovendo uma ampla gama de soluções tecnológicas que não estão bem documentadas, dificultando a sua comparação e avaliação. A nível nacional, da leitura das medidas previstas no PERSU 2020, sobressai um denominador comum: o conceito de eficiência “eficiência operacional e estrutural” do serviço de recolha de RU, que necessita de ser avaliada. Muitas questões se colocam aos gestores e técnicos responsáveis pela concepção, planeamento, gestão e monitorização de um serviço de recolha de RU, entre elas as relativas ao melhor sistema de recolha a implementar e às variáveis ou indicadores de desempenho determinantes para monitorizar e avaliar a sua eficiência.

Considerando as lacunas de informação encontradas na bibliografia sobre recipientes e veículos de recolha de RU, que dificultam a modelação e *benchmarking* dos sistemas de recolha disponíveis, o primeiro objectivo do estudo foi desenvolver uma taxonomia para caracterizar e classificar as principais tecnologias e equipamentos que constituem os sistemas de recolha disponíveis na actualidade, melhorando o potencial para comparações, pela utilização de características taxonómicas chave de desempenho e compatibilidade de equipamentos, nomeadamente dos contentores e viaturas.

Sem um entendimento comum das capacidades e características dos sistemas de recolha de resíduos, ou seja, dos equipamentos, tecnologias e funcionalidade, existe um risco de abrandamento não só a avaliação dos aspectos operacionais, mas também no desenvolvimento de sistemas de recolha novos e sustentáveis. De facto, uma taxonomia padronizada pode fornecer uma linguagem comum para registar e recordar o conhecimento alcançado de forma sistemática, para o ensino e aprendizagem eficientes e eficazes, e para promover a expansão e crescimento do conhecimento (Eksioglu, 2009). Assim, antes de qualquer análise de *benchmarking*, modelação ou desenvolvimento tecnológico, deveria ser abordado o problema fundamental, da caracterização e descrição dos sistemas de recolha de RU existentes no mercado.

Cumprido este primeiro objectivo, seria então possível avançar para a identificação e definição das variáveis chave e indicadores de desempenho – operacional e financeiro, que permitissem suportar a tomada de decisão na selecção de sistemas de recolha e no planeamento, gestão e monitorização deste serviço, com vista à racionalização da logística da recolha.

A partir deste objectivo global resultaram os objectivos parcelares, nomeadamente a definição e cálculo de indicadores específicos de um sistema, equipamento ou tecnologia – “indicadores de equipamento”³, definidos de forma a dependerem exclusivamente do equipamento e portanto serem comparáveis, isolando os factores externos, e a definição e cálculo de indicadores globais do serviço de recolha – “indicadores de serviço”, que apesar de influenciados pelos factores de contexto⁴, permitissem suportar a monitorização do desempenho dos sistemas. A definição dos indicadores deveria partir da definição

³ Indicadores relativos exclusivamente a características dos equipamentos que constituem o sistema de recolha, isolando os factores externos como o planeamento do serviço, os factores geográficos e sócio-económicos. Constituem dados base para a execução de projectos de dimensionamento, resultantes das especificações técnicas.

⁴ Indicadores que influem as variáveis que influenciam um serviço de recolha de RU, mas que não dependem apenas das componentes do sistema de recolha, mas também de variáveis externas ao sistema, como as características demográficas da zona a servir, tipologia urbana, rede viária, cobertura dos contentores, planeamento do circuito, entre outros, cuja adequabilidade e optimização influenciam os resultados obtidos.

dos aspectos mais críticos do desempenho operacional e financeiro dos sistemas de recolha, baseados nas variáveis críticas para o desempenho operacional e com maior impacte na estrutura de custos desta operação.

Do conjunto da proposta de classificação taxonómica e de indicadores de desempenho operacional e financeiro, resultaria um modelo de classificação e *benchmarking* de sistemas de recolha de RU, capaz de identificar claramente os sistemas e tecnologias de recolha existentes na actualidade, e melhorar o potencial para comparações, constituindo uma ferramenta de apoio à decisão de fácil aplicação por parte de técnicos e gestores deste serviço.

Para testar este modelo, os sistemas de recolha alvo deveriam ser seleccionados de acordo com a classificação taxonómica proposta, para garantir uma amostra representativa das principais classes taxonómicas definidas, que definiria assim a área de estudo. O modelo seria assim aplicado aos sistemas definidos para o caso de estudo e aos três fluxos de recolha selectiva de resíduos de embalagens implementado em Portugal e em muitos países europeus, isto é à recolha selectiva de embalagens de vidro, de papel/cartão e de plástico/metall. Os resultados dos indicadores deveriam viabilizar o *benchmarking* dos sistemas identificados, e também a obtenção de dados críticos na concepção e dimensionamento dos sistemas e planeamento e gestão do serviço. De facto, apesar do enfoque na análise comparativa, a obtenção de valores de referência por tipo de sistema e fluxo de resíduo, necessários para alimentar os *softwares* de optimização deste serviço, foi também definido como um objectivo do estudo, considerando que é uma informação dependente de dados empíricos ou estatísticos, por nem sempre estar disponível.

I.3 METODOLOGIA GERAL

Para cumprir com os objectivos estabelecidos, o trabalho de investigação compreendeu várias fases metodológicas, que se podem resumir da seguinte forma:

- 1º **A revisão da literatura** teve maior expressão no início e final do trabalho, mas foi também significativa em diferentes momentos da investigação, nomeadamente durante a preparação das apresentações dos primeiros resultados em conferências nacionais e internacionais, e dos artigos científicos para publicação, que obrigaram a uma actualização permanente do estado da arte. A revisão partiu do enquadramento da relevância e actualidade do tema, seus conceitos e quadro legal e estratégico, suportada nas palavras-chave definidas para a consulta. Para o enquadramento legal foram consultadas as Directivas Europeias de referência, Normas europeias, Diplomas legais nacionais e os Planos de acção estratégicos para o sector de resíduos, como por exemplo os PERSU, Plano de Intervenção de Resíduos Urbanos e Equiparados (PIRSUE) e relatórios de acompanhamento.

A revisão focou-se depois sobre equipamentos e tecnologias que constituem os sistemas de recolha e classificações existentes. Esta revisão foi fundamental para suportar a proposta de classificação taxonómica, pela sistematização das diferentes classificações adoptadas e identificação das lacunas existentes, considerando a enorme diversidade e complexidade das soluções técnicas disponíveis. Desenvolveu-se assim um extenso trabalho de revisão dos equipamentos existentes no mercado, que compreendeu a consulta de fichas técnicas, catálogos dos equipamentos, solicitações aos fabricantes e aos fornecedores, sistematizando-os de acordo com as características chave que foram sendo identificadas. Este trabalho de revisão permitiu também definir quais seriam os sistemas alvo de estudo, que garantissem a representatividade de todas as classes taxonómicas.

A definição dos indicadores de desempenho sustentou-se na revisão de estudos e publicações sobre indicadores na área de resíduos, quer de âmbito local, circunscritos à realidade de apenas um país ou área de estudo, publicados em revistas científicas da especialidade, quer global e institucional, nomeadamente sobre estudos comparativos dos países membros da UE, relatórios, recomendações ou normas para a recolha de dados, selecção de variáveis e definição e cálculo de indicadores. Deste trabalho ressaltou a abundância de estudos sobre indicadores “macro” de gestão de resíduos, quando comparada com a quase ausência de publicações sobre indicadores específicos da gestão de resíduos em baixa, que obrigou assim a aprofundar e pormenorizar a revisão sobre estes últimos, pela pesquisa e leitura de estudos científicos dedicados à avaliação do desempenho – operacional e/ou financeira, dos sistemas de recolha.

- 2º **Classificação de sistemas de recolha de resíduos urbanos.** A complexidade das diferentes soluções técnicas disponíveis no mercado e consequente necessidade de as sistematizar através de uma proposta de classificação simples, ditou a metodologia adoptada, que partiu da definição do âmbito e fronteiras da proposta de classificação a desenvolver. A identificação dos componentes chave dos sistemas de recolha do ponto de vista operacional e tecnológico, e características taxonómicas a assumir na proposta resultou da revisão das diferentes classificações adoptadas na literatura, que permitiu identificar lacunas e focar a proposta na componente tecnológica dos sistemas de recolha. Desenvolveram-se diferentes tentativas de classificação, baseada nas principais componentes dos contentores, das viaturas e sua compatibilidade.
- 3º **Definição de Indicadores de desempenho operacional e financeiro,** que traduzissem as principais variáveis que influenciam a eficiência dos sistemas de recolha. Esta fase começou pela identificação dos factores considerados como críticos pelos diferentes autores que publicaram

trabalhos no âmbito da avaliação do desempenho dos sistemas de recolha. Depois de identificadas as variáveis críticas, foi possível definir os indicadores que seriam utilizados para o *benchmarking* e definição de valores de referência base para o dimensionamento e concepção de sistemas de recolha, e/ou para a monitorização do seu desempenho operacional e financeiro.

Para conseguir obter um conjunto de indicadores relativos em exclusivo ao sistema ou equipamento, que permitissem a fazer o *benchmarking* de sistemas independentemente da área onde funcionassem, foram definidos “indicadores de equipamento”, que se distinguem dos “indicadores de serviço” porque dependem da realidade geográfica, demográfica e socioeconómica da área de estudo, da concepção do sistema e planeamento dos circuitos. Desta fase resultou a identificação dos dados a obter para cada variável e indicador, para todos os sistemas do caso de estudo e fluxos de recolha selectiva, permitindo o planeamento do trabalho de campo. A definição de indicadores foi iterativa com a aplicação na área de estudo, para validar a sua simplicidade e utilidade, introduzindo-se os pressupostos necessários ou mesmo alterando, excluindo ou adicionando indicadores, até chegar à versão final.

4º Concepção do modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha (MCBSR). O trabalho de investigação culminou nesta fase, que resultou da aplicação dos dois principais resultados obtidos, isto é, da proposta de classificação taxonómica e dos indicadores de desempenho. O MCSBR foi desenvolvido para servir como ferramenta de suporte à tomada de decisão na selecção de sistemas de recolha e monitorização de sistemas em funcionamento, tendo-se sistematizado os indicadores de acordo com os objectivos definidos e identificados os graus de dificuldade, de acordo com os dados de base necessários e possíveis fontes de informação, assim como as limitações e soluções possíveis para chegar aos resultados finais. À semelhança do que aconteceu na 3ª fase, para esta fase contribuiu também o trabalho de campo desenvolvido e aplicação ao caso de estudo, que por obrigar a sistematizar a recolha de dados e fontes de informação principais e alternativas, facilitou o trabalho de desenvolvimento de um fluxograma e diagramas de apoio à aplicação do modelo.

5º Selecção do caso de estudo e trabalho de campo. Na selecção dos sistemas de recolha onde se iria aplicar o MCSBR e consequentemente da área de estudo, existiu o cuidado em garantir o mínimo de um sistema representativo de cada grupo/sub-grupo definido na classificação taxonómica, excluindo os sistemas obsoletos e privilegiando aqueles com maior adesão às tendências de evolução dos equipamentos e tecnologias. Considerando os sistemas existentes em Portugal, preferencialmente no distrito de Lisboa, foi possível encontrar um representante de todos os sistemas alvo nos municípios de Lisboa, Sintra e Cascais, onde estavam instalados e em funcionamento os contentores e viaturas de recolha para cada um dos “ramos” da “árvore” ou diagrama de classificação proposto, cuja área de serviço definiu assim área de estudo desta fase do projecto de investigação.

O planeamento do trabalho de campo iniciou-se com a identificação, em cada sistema, das áreas e circuitos seriam os mais indicados para serem incluídos nas campanhas de monitorização, em conjunto com os técnicos responsáveis de cada município. Depois de identificadas as áreas de estudo desenvolveu-se o cronograma das campanhas de recolha de informação e monitorização dos circuitos de recolha, de acordo com as frequências, turnos e horários de recolha dos circuitos seleccionados. O esforço desenvolvido nesta fase resultou da quantidade e variedade de dados necessários à aplicação de todos os indicadores previstos no MCSBR, e da diferente organização dos serviços nos três municípios (dias de recolha, turnos, disponibilidade de meios, sazonalidade, entre outros). Foi uma fase muito exigente no que respeita aos meios envolvidos no terreno – humanos e equipamentos, em particular nas pesagens de contentores, que obrigou à afectação de motoristas e viaturas grua especificamente para o efeito. Destaca-se também a morosidade da

recolha de todas as características técnicas dos equipamentos e a dificuldade na obtenção de alguns dados financeiros.

- 6º **Análise e tratamento de dados.** Esta fase desenvolveu-se quase em simultâneo com as campanhas de monitorização, tendo-se iniciado assim que quantidade de registos o justificou, de forma a corrigir eventuais erros e assim prevenir a repetição de recolha de dados. De facto, o tratamento e análise crítica dos dados permitiu que a metodologia inicialmente definida para as campanhas de monitorização pudesse sofrer as adaptações necessárias, viabilizando, por exemplo, a definição da dimensão das amostras em função da análise estatística das mesmas, ou mesmo a alteração dos dados a recolher, pressupostos e métodos de cálculo dos indicadores, de forma iterativa.

Esta foi a fase mais complexa do trabalho, pela enorme quantidade de informação a trabalhar relativa aos dados operacionais recolhidos, cujo tratamento obrigou à aplicação de “filtros” sequenciais, para “limpar” os valores resultantes de erro humano ou de acontecimentos pontuais específicos que não dependiam do sistema em avaliação (avaria, chuva, alteração do motorista, entre outras). Esta complexidade conduziu à criação de uma base de dados em Access, que facilitou a manipulação e visualização dos dados e análise crítica de resultados, onde se incluiu o tratamento estatístico. Apesar de parte da informação não estar facilmente acessível ou organizada, o tratamento dos dados financeiros foi mais simples, adoptando-se pontualmente, na ausência de alternativa, estimativas baseadas em valores bibliográficos.

- 7º **Calculo dos Indicadores e discussão de resultados:** esta fase desenvolveu-se em diferentes etapas, iniciando-se pelo cálculo dos indicadores operacionais de equipamento, passando depois para os indicadores operacionais de serviço, e finalmente para os indicadores financeiros, quer de equipamento quer de sistema. Seguiu-se a análise dos resultados, e da sua consistência e robustez, cruzando com os dados disponíveis na bibliografia. O potencial de extrapolação e de *benchmarking* dos resultados foi também avaliado, testando as hipóteses inicialmente definidas no âmbito do trabalho de investigação.

- 8º Da fase anterior resultou um conjunto de **conclusões, recomendações e linhas orientadoras** para trabalhos futuros. Nesta fase incidiu sobre os principais resultados, nomeadamente sobre a proposta de classificação taxonómica, indicadores de desempenho e valores de referência a adoptar na concepção, dimensionamento, monitorização e optimização de sistemas de recolha, e sobre as lacunas identificadas na metodologia adoptada, terminando com algumas recomendações e com a definição de possíveis estratégias para o futuro.

- 9º Concluída esta fase iniciou-se a última fase do trabalho, a **redacção da dissertação**, com a organização que se resume a seguir, tendo sempre presente o seu contributo para o actual conhecimento e estado da arte nesta área científica.

I.4 ORGANIZAÇÃO DA TESE

A tese está organizada de acordo com as fases metodológicas em sete capítulos, iniciando-se na “**Introdução**”, que apresenta a motivação para conduzir o presente trabalho de investigação, nomeadamente a relevância e actualidade da área de investigação e a descrição da problemática associada à concepção e gestão de um serviço de recolha de RU. O primeiro capítulo inclui ainda o âmbito e objectivos globais do trabalho assim como uma descrição geral da metodologia adoptada e finalmente da organização da dissertação (presente texto).

No segundo capítulo, intitulado **“Sistemas de recolha de resíduos – revisão bibliográfica”**, apresenta-se a revisão da literatura, que se inicia com o enquadramento legal, conceitos e definições inerentes à gestão de resíduos no geral e à recolha de RU, em particular. Também se enquadra a estratégia nacional de gestão de RU, que resulta da estratégia europeia para o sector, com enfoque na revisão dos planos sectoriais, na regulação e sustentabilidade económica do sector e no funcionamento do sistema de gestão de resíduos de embalagens. Neste capítulo faz-se ainda uma síntese histórica da evolução dos sistemas de recolha e das principais questões que o planeamento e optimização do serviço de recolha de RU envolve.

Depois deste enquadramento e considerando o âmbito e objectivos do trabalho, a revisão bibliográfica foca-se em dois grandes domínios: um relativo à “Classificação de Sistemas de Recolha”, que inclui uma caracterização exaustiva do estado da arte e sistematização das classificações encontradas na literatura, e um segundo relativo aos “Indicadores” utilizados na avaliação de desempenho dos sistemas de gestão de resíduos, e em particular dos sistemas de recolha de RU. O texto dedicado aos indicadores inicia-se com um enquadramento dos pressupostos que devem preceder a definição de indicadores, seguida de uma análise das variáveis mais relevantes para o serviço de recolha, e termina com a revisão dos indicadores aplicados ao serviço de recolha, nomeadamente os resultantes das variáveis técnicas e operacionais dos sistemas de recolha e das principais parcelas de custo.

O capítulo II termina com uma síntese da revisão da literatura ou estado da arte, comprovando a escassez de publicações que versam sobre o âmbito deste estudo, validando assim o seu carácter inovador.

O capítulo III – **“Metodologia. Abordagem da Investigação”** inicia-se com o planeamento do trabalho de investigação onde se apresenta o enquadramento institucional do Projecto de Investigação, e a metodologia e cronograma definidos inicialmente, no âmbito da Candidatura a Doutoramento. Depois de apresentadas as hipóteses metodológicas assumidas, passa-se à definição macro da abordagem metodológica que se iria adoptar, para as testar e assim planear o curso do trabalho de investigação. O capítulo segue com a descrição pormenorizada da metodologia adotada no desenvolvimento da proposta de classificação taxonómica dos sistemas de recolha, do seu âmbito, fronteiras, exclusões e identificação das componentes e “características-chave” a considerar, que culmina com a identificação e descrição de “equipamentos tipo”. Passa depois para a descrição da metodologia seguida na definição das variáveis-chave, incluindo a descrição pormenorizada da abordagem metodológica a seguir na obtenção e tratamento dos dados base - variáveis-chave, para que o modelo de apuramento de dados operacionais e de custo desenvolvido possa ser repetido em trabalhos futuros. Detalha-se a seguir a metodologia seguida para definição dos indicadores e finalmente com a concepção do “Modelo de classificação e *benchmarking* de sistemas de recolha” - MCBSR.

O capítulo III termina com o Caso de Estudo, onde se descreve a metodologia seguida na aplicação do MCBSR à área de estudo, seleccionada de forma a garantir a análise de todos os sistemas de recolha de cada “classe taxonómica”. São descritos os pressupostos, planeamento e cronograma das campanhas de monitorização desenvolvidas nos três municípios, os meios e instrumentos utilizados, e a metodologia seguida nos três tipos de campanhas conduzidas – recolha de dados de gabinete, pesagem de contentores, monitorização dos circuitos de recolha e monitorização do serviço de lavagem de contentores e de viaturas. A descrição do trabalho de campo termina com a identificação das principais limitações experimentais. A metodologia termina finalmente com a descrição pormenorizada da fase de análise e tratamento de dados.

No capítulo IV - **“Resultados: Modelo de classificação e *benchmarking* de sistemas de recolha de”**, apresenta-se a “Proposta de Classificação Taxonómica”, a “Proposta de Indicadores de desempenho” e finalmente o “MCBSR”, para utilização pelos *stakeholders* do serviço de recolha no suporte à selecção e monitorização de sistemas de recolha de RU. Quer a proposta de classificação

taxonómica, quer os primeiros resultados relativos aos indicadores operacionais de equipamento e serviço obtidos na área de estudo foram sendo publicados em comunicações e posters de Conferências nacionais e internacionais e encontros nacionais da especialidade. Resultaram ainda na publicação de dois artigos científicos no *Journal of Cleaner Production*.

O capítulo V, “**Caso de estudo: resultados, análise e discussão**”, inicia-se pela aplicação da taxonomia e análise crítica da sua simplicidade, flexibilidade e universalidade. Segue-se a aplicação da proposta de indicadores de desempenho, operacionais e financeiros, acompanhada pela análise de resultados, nomeadamente pela análise de *benchmarking* dos sistemas do caso de estudo, aplicada a cada tipo de problema ou decisão que os técnicos, especialistas e gestoras enfrentam na gestão deste serviço, e pela avaliação da robustez dos resultados para utilização na concepção, dimensionamento, optimização, planeamento e monitorização de sistemas de recolha, que são comparados com os valores bibliográficos disponíveis.

A dissertação termina no capítulo VII, com as “**Conclusões e Recomendações**”, composto pela síntese conclusiva, incluindo a apresentação das principais vantagens e limitações do MCBSR, e termina com as recomendações e sugestão de linhas de investigação orientadoras para trabalho futuro nesta área.

II. SISTEMAS DE RECOLHA - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 ENQUADRAMENTO LEGAL

O ponto de partida formal da política europeia de resíduos deu-se com a publicação da Directiva do Conselho 75/442/CEE relativa aos resíduos, a 15 de Julho de 1975, mas foi na Cimeira de Paris, em 1972, que os Estados-membros concluíram sobre a necessidade de criar políticas relacionadas com a protecção do ambiente. Neste contexto, surgiu o 1.º Programa de Acção em matéria de Ambiente (PAA) da Comunidade Europeia (1973-76), que incluiu uma referência aos princípios da precaução e do poluidor-pagador e salientou a importância da prevenção dos impactes ambientais na origem, e da racionalização da utilização dos recursos naturais.

A legislação da UE em matéria de resíduos é vasta e por vezes geradora de sobreposições e insegurança a nível regulamentar para as autoridades competentes e indústrias de resíduos (CE, 2005). O 6.º PAA da União Europeia, “Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha”, de 2002, considerava os resíduos como uma área prioritária da política de ambiente, tendo norteadado o desenvolvimento da política de resíduos até 2012. Um dos documentos que concretizou este programa foi a “Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos” (CE, 2005), que pretendeu simplificar e clarificar o quadro jurídico em vigor, em consonância com os objectivos da UE de melhor regulamentação em matéria de resíduos, considerado um domínio prioritário para a simplificação da legislação comunitária. Esta Estratégia propõe a modernização do quadro jurídico em vigor, pela introdução do conceito de ciclo de vida e pela racionalização da legislação da UE em matéria de resíduos.

A política de resíduos da UE baseia-se num conceito da “hierarquia de resíduos” (CE, 2005) que começa pela prevenção dos resíduos, seguida pela reutilização dos resíduos que não podem ser evitados, pela reciclagem ou valorização tanto quanto possível, devendo os aterros ser utilizados no final da cadeia, no mínimo indispensável. O objectivo presente na “Directiva Quadro Resíduos” 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro (que substituiu a Directiva 2006/12/CE), de avançar para uma sociedade de reciclagem e valorização, significa subir na hierarquia, preterindo os aterros e privilegiando cada vez mais a reciclagem e a valorização.

Até 2005, o quadro jurídico europeu para os resíduos incluía legislação horizontal sobre a gestão dos resíduos, como a Directiva-Quadro “Resíduos”, a Directiva “Resíduos Perigosos”, ou o Regulamento “Transferências de Resíduos”, complementada por legislação mais pormenorizada referente a operações de tratamento e eliminação de resíduos, como as Directivas “Aterros” e “Incineração” e pela legislação que regulamenta a gestão de fluxos específicos de resíduos (*i.e.* óleos usados, PCB/PCT, resíduos de embalagens, veículos em fim de vida, pilhas e baterias, resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos) (CE, 2005).

Em 2013 foi aprovado o 7.º PAA da União Europeia, intitulado “Viver bem, dentro das limitações do nosso planeta” (Decisão n.º 1386/2013/UE, de 20 de novembro), que guia a política de ambiente na Europa no período entre 2014 e 2020. No âmbito do programa de trabalho da Comissão Europeia em 2013, foi prevista a revisão global da política e legislação europeias em matéria de resíduos, concretizada pela Comissão Europeia em Dezembro de 2015, pela adopção do novo pacote da economia circular com medidas de apoio que cobrem todo o ciclo de produção, acompanhadas pelo suporte financeiro do Horizonte 2020 e fundos estruturais para a gestão de resíduos.

Esta nova proposta legislativa (COM/2015/0614 final), que revê a Directiva-Quadro Resíduos (2008/98/CE), a Directiva Aterros (1999/31/CE) e a Directiva de Embalagens e Resíduos de Embalagens (Directiva 94/62/CE), obriga Portugal a rever o PERSU 2020, uma vez que apresenta um

objectivo de reciclagem de 65% para os RU, de 75% para os resíduos de embalagens, e um objetivo de redução da deposição em aterro a um máximo de 10% de todos os resíduos, até 2030. Prevê também a proibição de depositar em aterro resíduos submetidos a recolha selectiva, não estabelecendo nenhuma meta para a recolha selectiva de orgânicos, que apenas deve ser assegurada se “técnica, económica e ambientalmente viável”.

A revisão introduzida pelo novo pacote de economia circular teve como base os objetivos definidos no “Roteiro para uma Europa Eficiente na Utilização de Recursos”, uma iniciativa da “Estratégia Europa 2020”, recentemente confirmados pela proposta do “7.º Programa de Ação em Matéria de Ambiente” da UE e pelo objetivo de assegurar o acesso seguro e sustentável a matérias-primas, de acordo com metas estabelecidas na Comunicação da Comissão relativa aos mercados de produtos e matérias-primas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro). Outro elemento de suporte a esta revisão foi o relatório de implementação da “Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos”, de 2011, que identifica uma lista de ações e prioridades para melhorar a implementação da legislação europeia, indo mais longe, no sentido de promover políticas de resíduos mais ambiciosas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro).

Mas não só na Europa se fazem progressos em matéria de gestão de resíduos. O Japão dispõe de uma vasta legislação em matéria de resíduos e de políticas de redução, reutilização e reciclagem, vulgo “3R”. Entre estas conta-se a legislação que define objetivos gerais para a prevenção de resíduos, a reciclagem de resíduos e a utilização da eliminação final apenas como último recurso, algumas das quais reflectem os objetivos das Directivas “Reciclagem” da UE (CE, 2005). Também os Estados Unidos da América (EUA) têm desenvolvido políticas a nível federal e estatal que reflectem os objetivos das Directivas “Reciclagem” da UE: o Governo Federal fixou um objetivo indicativo a longo prazo de uma taxa de reciclagem nacional e vários Estados têm adoptado legislação que limita a deposição em aterro e promove a reciclagem de vários fluxos de resíduos, sendo também prestada atenção ao elevado nível de geração de RU (CE, 2005). Também a China adoptou uma série de leis relacionadas com a gestão dos resíduos, destinadas a atingir o objetivo de promoção da “economia circular” (CE, 2005), um país onde se verifica uma crescente procura de materiais recicláveis.

A nível nacional, a publicação do Decreto-Lei n.º 488, de 25 de Novembro de 1985, veio finalmente definir as diversas competências e responsabilidades no domínio dos resíduos, quer a nível central, quer a nível local. Foi a partir deste Decreto-Lei que a gestão dos resíduos passou a ter em Portugal uma maior relevância no âmbito da política de ambiente, que se consolidou em 1987, com a consagração do princípio da responsabilidade do produtor na Lei de Bases do Ambiente (Lei N.º 11/87, de 7 de Abril). De 1985 até 1996, a evolução em matéria de gestão dos RU em Portugal foi mais sentida na recolha que no tratamento e destino final, aumentando-se substancialmente os índices de população servida, acompanhada por uma extensa publicação legislativa, a maior parte resultante de obrigações de transposição para a ordem jurídica interna das Directivas da UE (Martinho, 1998). De facto, enquanto país membro da UE, Portugal foi transpondo para a legislação nacional as Directivas Europeias, utilizando planos específicos de gestão de resíduos de âmbito nacional, que fixaram objetivos estratégicos e regras orientadoras da política de resíduos, sobretudo a partir de finais da década de 90.

Em 1995 é aprovado o primeiro Plano Nacional da Política do Ambiente (PNPA) que previa a elaboração de um Plano Nacional de Resíduos e incentivava a redução, recolha selectiva e reciclagem dos RU e o aperfeiçoamento dos sistemas de informação, e da capacidade de avaliação e monitorização dos RU. Nesta altura, quase todo o país estava servido por lixeiras (cerca de 300), os aterros sanitários e as instalações de compostagem a funcionar bem não chegavam a meia dúzia e os sistemas de reciclagem eram actividades marginais, não estruturadas, ineficientes e na sua maior parte irracionais do ponto de vista económico e ambiental. O grande atraso em relação aos restantes países da UE e as graves disfunções ambientais causadas pela má gestão dos RU deram ao sector dos resíduos uma prioridade em matéria de política ambiental que se materializou na aprovação em 1996

do primeiro plano nacional para a sector dos RU, o Plano Estratégico para a Gestão dos Resíduos urbanos (PERSU) (Martinho, 1998).

Desde a primeira versão do PERSU, para o período de 1997-2007 (PERSU I), verificou-se um significativo desenvolvimento da infraestruturação na gestão de resíduos em Portugal, que envolveu o encerramento das lixeiras, a criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais, a construção de novas infraestruturas de valorização e eliminação, a implementação de sistemas de recolha selectiva multimaterial e, ainda, a definição de linhas de orientação geral para a criação de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos. Em 2006, com o PERSU II (2007-2016), realizaram-se novos esforços para garantir uma adequada gestão dos RU e o cumprimento dos compromissos europeus em matéria de gestão de resíduos. Este Plano foi revisto para responder a diferentes necessidades, destacando-se: i) a inclusão a nova meta comunitária de preparação para reutilização e reciclagem para o ano de 2020, prevista na Directiva Quadro Resíduos (e na alteração do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, pelo Decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho) na estratégia nacional de gestão de RU; ii) a recalendarização das metas comunitárias de redução da deposição de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) em aterro relativas a 2009 e 2016, respetivamente, para 2013 e 2020; e iii) a actualização e integração do Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos. Da revisão do PERSU II resulta a publicação do PERSU 2020 - "Uma fonte renovável de recursos", aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, a 17 de setembro de 2014.

No que respeita às Directivas Europeias, a Directiva-Quadro de Resíduos foi transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, extensamente alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 Junho, para reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem, com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. Este documento define o "Regime Geral de Gestão de Resíduos" aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos. O Decreto-Lei prevê, à semelhança da Directiva, que Portugal assegure a elaboração de um ou mais planos de gestão e programas de prevenção de resíduos.

No mesmo Decreto-Lei são fixadas as seguintes metas a alcançar até 2020:

- Um aumento mínimo global para 50% em peso relativamente à preparação para a reutilização e reciclagem de RU, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os RUB;
- Um aumento mínimo para 70% em peso relativamente à preparação para a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização material, incluindo operações de enchimento que utilizem resíduos como substituto de outros materiais, resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão dos materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da Lista Europeia de Resíduos (LER)

Outra Directiva a referir é a Directiva Aterros (1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril), relativa à deposição de resíduos em aterros, transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 183/2009, de 10 de Agosto, na qual são estabelecidas as metas de deposição de resíduos urbanos biodegradáveis em aterro para Portugal, prevendo a minimização da deposição em aterro de resíduos que tenham potencial de reciclagem.

A "Directiva Embalagens" 94/62/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro, relativa a embalagens e resíduos de embalagens, transposta para o direito nacional através do Decreto-Lei nº 366-A/97, de 20 de Dezembro, e cuja actual redação é dada pelo Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de Maio, é também determinante para o sector. Nesta Directiva, os "resíduos de embalagens", são definidos como "todos e quaisquer produtos feitos de materiais de qualquer natureza utilizados para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas

como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos descartáveis utilizados para os mesmos fins”.

A Lista Europeia de Resíduos (LER), publicada pela Decisão 2000/532/CE, e alterada pela Decisão 2014/955/EU aplicável pelos Estados Membros a partir de 1 de junho de 2015, constitui uma lista harmonizada de resíduos que tem em consideração a origem e composição dos mesmos. Para além da LER, também as características que determinam a perigosidade dos resíduos, publicadas no anexo III da Diretiva 2008/98/CE, foram alteradas pelo Regulamento EU n.º 1357/2014, aplicável pelos Estados Membros a partir de 1 de junho de 2015, que substitui o anexo III da Diretiva de resíduos.

Existem ainda outros diplomas legais nacionais, que definem o regime de gestão de outros fluxos específicos de resíduos, como reflexo da aplicação do princípio da responsabilidade do produtor/detentor do resíduo ou do princípio da responsabilidade alargada do produtor no âmbito do qual foram criados vários sistemas integrados de gestão financiados por aqueles produtores. O fluxo das embalagens e resíduos de embalagens foi o primeiro a ser regulamentado (pelo Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de dezembro), seguindo-se outros como os relativos à gestão de pilhas e acumuladores usados, de pneus usados, dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, de óleos usados de base mineral ou sintética, de óleos alimentares usados, dos veículos em fim de vida e, ainda, da gestão de resíduos resultantes da construção ou demolição (ERSAR, 2015).

Outros documentos legais de importância na gestão de resíduos a nível nacional são o Decreto-Lei n.º 92/2013, de 11 de Julho, que define o regime de exploração e gestão dos sistemas multimunicipais de águas e resíduos, o Decreto-Lei n.º 195/2009, de 20 de Agosto (mais recentemente alterado pelo Decreto-Lei n.º 96/2014, de 25 de Junho) que define o regime jurídico da concessão da exploração e da gestão, em regime de serviço público, dos sistemas multimunicipais, o Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que "estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de (...) gestão de resíduos urbanos", isto é, de gestão directa, e mais recentemente a Deliberação n.º 928/2014, que aprova o regulamento tarifário do serviço de gestão de RU.

Também a publicação do regime de constituição, gestão e funcionamento do mercado organizado de resíduos, através do Decreto-Lei n.º 210/2009, de 3 de Setembro, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, deve ser destacado, que apresenta o mercado organizado de resíduos como um espaço de negociação que agrega as várias plataformas onde se processam as transacções de resíduos que sejam reconhecidas pela APA e define os mecanismos de incentivo financeiro e administrativo à adesão a este mercado (ERSAR, 2015).

Finalmente, importa destacar a revisão do regime da TGR - taxa de gestão de resíduos (que visa refletir a hierarquia de gestão de resíduos), no âmbito Fiscalidade Verde (Lei n.º 82-D/2014, de 31 de Dezembro), que incrementa o valor desta taxa e introduz uma penalização (não repercutível nos utilizadores) respeitante aos desvios relativos ao cumprimento das metas definidas no PERSU 2020 e intercalares que venham a ser fixadas para os anos 2016 e 2018.

Mais recentemente, a Economia Circular foi apontada pelo Governo como “matéria prioritária no âmbito da política ambiental do Governo, visando proteger os recursos naturais, evitar a perda de biodiversidade e melhorar a qualidade ambiental”, destacando-se, neste âmbito, a definição da Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas 2020 (ENCPE 2020), a criação de um único fundo ambiental (fundindo os fundos atualmente existentes), e a definição de regras relativas à restrição da utilização de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE), incluindo a valorização e eliminação, ecologicamente correcta, dos resíduos de EEE.

II.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

II.2.1 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

O aumento da produção de resíduos é um dos impactes directos da rápida urbanização, do crescimento económico e do consumo. A geração de resíduos impõe não apenas diversos impactes na saúde e ambientais, mas também esgota recursos naturais valiosos. Assim, a gestão sustentável dos resíduos é significativamente importante para a saúde humana e protecção do ambiente. Até agora, as diferentes estratégias de gestão de resíduos foram desenvolvidas sob a égide da gestão sustentável dos resíduos, tais como gestão integrada de resíduos (Zaman, 2014).



Figura II-1: Gestão integrada de resíduos – adaptado de (Zubrügg, 2015)

A Gestão Integrada de Resíduos pode ser definida de diferentes formas, podendo ser entendida como a forma de conceber, implementar e administrar sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos sectores da sociedade com a perspectiva do desenvolvimento sustentável (Mesquita, 2007). Tem assim por objectivo a gestão dos resíduos produzidos pela sociedade de uma forma económica e ambientalmente sustentável (White, Dranke e Hindle, 1995). De acordo com a Agência de Protecção Ambiente dos Estados Unidos da América, EPA - *United States Environmental Protection Agency* (EPA U. S., 2002), a gestão integrada de resíduos consiste num programa abrangente de prevenção, reciclagem, compostagem e deposição de resíduos que proteja a saúde humana e o ambiente da forma mais eficaz; envolve a avaliação das necessidades e condições locais e em seguida, a selecção e combinação das atividades de gestão mais adequadas para essas condições. De facto, um sistema integrado de gestão de resíduos baseia-se na análise, discussão e definição dos métodos e procedimentos de tratamento de resíduos: o ponto inicial é a possibilidade da sua redução, escolhendo os caminhos ideais do seu tratamento, desde a sua produção até à sua manipulação final e transformação em algo seguro para o ambiente e para as pessoas (Ristić, 2005).

A gestão integrada de RU pode também ser definida como a selecção e aplicação de técnicas adequadas, tecnologias e programas de gestão para atingir os objetivos e metas de gestão de resíduos (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). Um sistema de gestão integrada de resíduos, e em particular um sistema de gestão de RU, envolve assim múltiplas actividades, com complexas relações causa-

efeito e onde se cruzam diferentes fluxos de energia e materiais, cuja monitorização é bastante complexa (EPA U. S., 2002). Como ferramentas no planeamento de sistemas de gestão de resíduos integrados, foram sendo desenvolvidos modelos de computador de acordo com os objectivos de gestão, em especial a minimização de resíduos e controle de emissões e de custos (Tanskanen, 2000).

De acordo com a EPA (2002), o planeamento de sistemas de gestão integrada de resíduos envolve diversas fases, iniciando-se pela i) identificação de necessidades (tipos e quantidades de resíduos gerados), ii) a revisão do sistema existente, enquadramento legal e regulamentos, iii) a organização de uma estrutura de apoio à decisão, iv) a definição de objectivos e metas, v) a identificação das componentes potenciais, vi) a comparação das diferentes opções (análise custo-benefício), vii) o desenvolvimento de um plano de gestão integrado de resíduos, viii) a implementação do plano, e ix) a avaliação do sistemas de gestão de resíduos (oportunidades de melhoria), voltando ao início do processo, à primeira fase, de nova identificação de necessidades.

As principais atividades de gestão integrada de resíduos são a prevenção de resíduos, reciclagem e compostagem, e a combustão e deposição em aterro em unidades devidamente projectadas, construídas e geridas (EPA, 2002), estando a recolha selectiva no centro destas actividades.

II.2.2 RESÍDUO E RESÍDUO URBANO

Os resíduos são considerados como um “produto em fim-de-vida”, bem como um problema social e ambiental (Zaman, 2014). A definição global de resíduos levanta uma questão conceptual uma vez que obriga à definição do que pode ser considerado definitivamente como resíduo ou como um “potencial” novo material ou mercadoria (Eurostat S. C., 2001).

A classificação ou identificação do que é ou não é um resíduo é em grande parte dependente das inovações tecnológicas alcançadas e aplicadas; o limite de resíduo/não resíduo varia de país para país e pode ser fixado em diferentes fases dos processos de produção e consumo (Eurostat S. C., 2001). De acordo com a UE (Directiva 2006/12/CE) e conforme consta da Lei-Quadro dos Resíduos (Decreto-Lei n.º178/2006, de 5 de setembro⁵) resíduos são “quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”.

Para esclarecer o momento em que um resíduo deixa de o ser e se torna uma matéria-prima nova ou secundária, a Comissão Europeia publicou uma proposta de alteração à Directiva 2006/12/CE, que prevê o estabelecimento de critérios ambientais baseados nos fluxos de resíduos de forma a determinar quando os resíduos deixam de ser considerados como tal.

Ultrapassada esta questão, existem ainda diversas variáveis na definição e classificação adoptada dentro de cada fluxo de resíduo, que dificultam muito o trabalho de sistematização da informação necessária ao cálculo de indicadores, entre outras aplicações.

No que se refere à definição de RU, as diferenças de terminologia e classificação entre países surgem por duas razões principais: as diferenças encontradas em categorias específicas incluídas neste fluxo (sendo as mais relevantes os resíduos “domésticos” e “equiparados” - de lojas, escritórios, entre outros) e as diferenças encontradas no sistema de recolha aplicado em cada país (Eurostat S. C., 2001). Por exemplo, os RU, quando recolhidos por ou em nome dos municípios, em geral, não cobrem a maior

⁵ Alterado mais recentemente pelo Decreto-Lei n.º 75/2015, de 11 de Maio (8ª versão). Transpõe a Directiva 2006/12/CE do parlamento europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006 relativa aos resíduos.

parte dos resíduos "equiparados". A natureza mista do fluxo "municipal" que resulta, em parte, do consumo doméstico, e em parte da produção em pequenas empresas também complica o quadro (Eurostat S. C., 2001).

A designação "resíduos sólidos municipais" (RSU) é ainda vulgarmente usada por diferentes autores para referir os resíduos gerados em habitações e em entidades não residenciais, e para diferenciar estes dos resíduos líquidos ou semi-líquidos, como as lamas de depuração de estações de tratamento de águas residuais, com origem doméstica (Chowdhury, 2009). Considerando a origem, também se utiliza a designação de "resíduos domésticos", definidos como os resíduos diários gerados pelas famílias, nomeadamente os recicláveis secos separados na origem, resíduos biológicos e uma fracção de resíduos residuais (Larsen *et al.*, 2010). Os RU incluem também os resíduos de cozinha e bens domésticos de uso diário indesejados pelo seu utente, como móveis, roupas, garrafas, aparas de jardim e jornais (Rhyner C. W., 1976). Também pertencentes aos "resíduos urbanos" são os resíduos de retalhistas e grossistas de espaços comerciais, de restaurantes e cafetarias, de escolas, de hospitais, prisões e instituições similares. Restos de papel, embalagens e outros materiais não perigosos não processados ou processados (de fabrico) de zonas industriais também contribuem para resíduos sólidos urbanos (Chowdhury, 2009). Acresce que uma parcela significativa dos resíduos perigosos domésticos e médicos torna-se parte do fluxo de resíduos sólidos urbanos e sua deposição apresenta riscos de poluição para as comunidades que cercam os aterros (El-Fadel M. F., 1997).

De facto, o enquadramento legal da nomenclatura a utilizar para identificar estes resíduos tem evoluído ao longo do tempo.

Em 2006, com a publicação do Regime Geral da Gestão de Resíduos - Decreto-Lei n.º178/2006, de 5 de Setembro, a designação "resíduos sólidos urbanos" caiu e foi substituída por "resíduos urbanos" (RU), conforme a alínea dd) do artigo 3.º.

A Directiva do Conselho 1999/31/EC⁶, relativa à deposição de resíduos, define no seu artigo 2, RU como "os resíduos provenientes das habitações, bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes das habitações". Da transposição desta Directiva resultou a definição a nível nacional, que consta da alínea e) do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 178/2006, onde resíduo urbano é definido como "o resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações". (Diário da República, 2006; UE, 2006). Estes resíduos destacam-se dos restantes no que respeita à responsabilidade pela sua gestão, que no caso dos urbanos não é do respectivo produtor e recai sobre os municípios quando "a produção diária não seja superior a 1100 litros por produtor" (Diário da República, 2006).

De acordo com a Lista Europeia de Resíduos (Decisão 2000/532/EC)⁷, os RU são classificados no capítulo 20, dedicado "aos resíduos urbanos (resíduos domésticos e comerciais semelhantes, industriais e institucionais resíduos), incluindo as fracções recolhidas selectivamente". Os resíduos de

⁶ Directiva do Conselho 1999/31/EC, relativa à deposição de resíduos em aterro, de 26 de Abril de 1999. (OJ L 182, 16.7.1999, p.1). <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=EN>>

⁷ Decisão da Comissão de 3 de Maio de 2000, que substitui a Decisão 94/3/CE, que estabelece uma lista de resíduos em conformidade com a alínea a) do artigo 1.º da Directiva 75/442/CEE do Conselho relativa aos resíduos, e a Decisão 94/904/CE do Conselho, que estabelece uma lista de resíduos perigosos em conformidade com o n.º 4 do artigo 1.º da Directiva 91/689/CEE do Conselho relativa aos resíduos perigosos. (OJ L 226, 6.9.2000, p. 3). <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000D0532&from=EN>>

embalagens foram excluídos deste capítulo e classificados no capítulo 15, devendo os produzidos nas habitações ser considerados como RU (Eurostat e E. C., 2012)

Na Decisão da Comissão Europeia 2011/753⁸, que estabelece regras e métodos de cálculo para a verificação do cumprimento das metas estabelecidas na Directiva-Quadro Resíduos, os “resíduos domésticos” são definidos como “resíduos gerados nas habitações (...)”, “resíduos equiparados”, como “resíduos de natureza e composição comparável aos resíduos domésticos, excluindo os resíduos de produção e resíduos da agricultura e da silvicultura” e “resíduos municipais ou urbanos”, como “resíduos domésticos e equiparados”.

Considerando a complexidade na identificação do que é ou não um resíduo “urbano”, “municipal” ou “doméstico”, o Eurostat publicou uma “*guideline*” para orientar e clarificar os tipos de resíduos a incluir no reporte anual das quantidades de RU pelos Estados Membros (EEA, 2013a).

No presente estudo adopta-se a nomenclatura de “resíduo urbano” (RU) com a definição que consta do Decreto-Lei n.º178/2006, indicada acima.

II.2.3 RECOLHA E RECOLHA SELECTIVA

De acordo com o Decreto-Lei n.º 178/2006, “Recolha” é definida como “a apanha de resíduos, incluindo a triagem e o armazenamento preliminares, para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos”. (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010) refere que o processo de recolha de resíduos começa quando os resíduos gerados são depositados em recipientes apropriados e termina quando estes recipientes são recolhidos e esvaziados por viaturas de recolha. De facto, o termo “recolha” na bibliografia é geralmente mais abrangente do que o indicado no Decreto-Lei n.º 178/2006, incluindo a operação de transporte.

De acordo com (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010; Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Bilitewski *et al.*, 1994), a fase de “recolha e transporte” inclui:

1. A recolha de todos os resíduos domésticos, industriais e comerciais, incluindo a recolha de resíduos recicláveis, tanto quanto possível separadamente de outros tipos de resíduos e a remoção destes resíduos do local onde são recolhidos;
2. O transporte dos resíduos recolhidos para instalações de processamento, deposição ou estação de transferência.

O elemento funcional designado como “recolha”, engloba assim não apenas a remoção de resíduos, mas também o transporte dos mesmos, depois de recolhidos, para o local onde a viatura de recolha é esvaziada, estando também esta última operação englobada (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). Enquanto o transporte e descarga da viatura são operações semelhantes para a maioria dos sistemas de recolha, a manipulação dos resíduos na origem e posterior recolha diferem muito de sistema para sistema, em função das características das instalações, actividades ou localizações onde os resíduos

⁸ Decisão da Comissão 2011/753/EU, de 18 de Novembro de 2011, que estabelece as regras e métodos de cálculo de verificação do cumprimento das metas estabelecidas no Artigo 11(2) da Directiva 2008/98/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, (OJ L 310, 25.11.2011, p. 11). < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:310:0011:0016:EN:PDF> >

são produzidos e os métodos utilizados para o seu armazenamento “onsite” entre recolhas (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

De facto, a gestão do serviço de recolha depende da forma como os resíduos são processados ou manipulados, isto é, se ou como são separados e armazenados na fonte (que tipos de resíduos e em quantos fluxos) e como são depositados e acondicionados para serem recolhidos. Por este motivo, a componente de sensibilização da população para os objectivos do sistema de recolha implementado e comunicação dos resultados obtidos é uma das mais importantes ferramentas na gestão deste serviço, sendo geralmente da responsabilidade da entidade responsável pela recolha de RU. Estas entidades têm também a responsabilidade do transporte dos resíduos recolhidos para o destino que pode ser uma estação de transferência, para posterior transporte para uma unidade de tratamento ou deposição final, uma unidade de tratamento, para separação, processamento e transformação ou directamente para ou um aterro de deposição final. É aqui que termina a gestão do serviço de recolha, de acordo com a Figura II-2, onde se assinalam a azul os elementos funcionais habitualmente englobados na responsabilidade de gestão por parte dos municípios ou empresas municipais responsáveis.

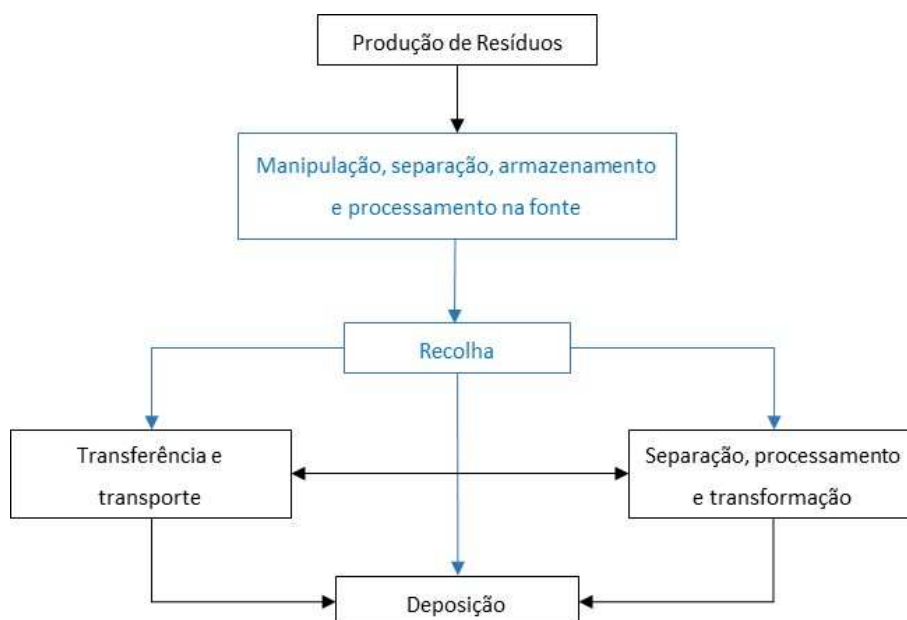


Figura II-2: Diagrama simplificado demonstrando as inter-relações entre os elementos funcionais de um sistema de gestão de resíduos. Adaptado a partir de: (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

Concluindo, no âmbito do presente trabalho, e à semelhança da abordagem adoptada pela ERSAR em Piedade e Aguiar (2010), o termo “recolha”, não se resume apenas à operação de apanha dos resíduos e seu transporte até ao local de descarga, mas também à deposição e acondicionamento dos mesmos entre recolhas, designada por alguns autores como “remoção” (Piedade e Aguiar, 2010; Levy e Cabeças, 2006). A montante da recolha, está a produção e processamento na fonte (manipulação/separação) e a jusante a transferência e transporte, o tratamento ou a deposição (Figura II-2).

São as entidades municipais que têm a responsabilidade da recolha dos RU, devendo as regras que a norteiam constar do Regulamento Municipal de RU, o que permite aos cidadãos conhecer os procedimentos a adoptar na separação de resíduos nas habitações e posterior deposição para recolha, as transgressões puníveis com coima, os sistemas de recolha utilizados, a tipologia de contentores existentes na via pública e regras para a sua utilização, assim como sobre as obrigações a considerar

nos projectos de construção, reconstrução ou ampliação de edifícios, nomeadamente da dotação de locais para o armazenamento de resíduos, entre outras informações.

Relativamente ao tipo de resíduos recolhidos distingue-se recolha indiferenciada, onde os resíduos são depositados e recolhidos como uma mistura de resíduos, da recolha selectiva. Neste último caso, há separação na fonte de uma ou mais categorias de resíduos, seguida ou não de nova separação em estações de triagem (Martinho e Gonçalves, 2000).

De acordo com o Regime Geral de Gestão de Resíduos, publicado pelo Decreto-Lei Nº 178/2006, a “recolha selectiva” é a “recolha efectuada de forma a manter o fluxo de resíduos separados por tipo e natureza com vista a facilitar o tratamento específico”. A recolha selectiva de RU pode ser também definida como um sistema de recolha específico, que permite que os materiais recuperáveis presentes nos resíduos possam ser separados (Gallardo *et al.*, 2011).

A recolha selectiva não é assim independente do método de tratamento. De facto, no processo de gestão dos RU, a recolha dos materiais recicláveis assume uma importância crítica, uma vez que a forma como os materiais são recolhidos determina as opções possíveis para a sua valorização e a necessidade de maiores ou menores investimentos nos processos de triagem (Martinho, 1998).

Naturalmente que o planeamento da recolha selectiva também não é independente da recolha indiferenciada de resíduos, devendo integrar-se e coordenar-se perfeitamente com o resto de serviços implantados (Satué, 2000) para garantir a abordagem mais económica, maximizando os benefícios associados a uma recolha indiferenciada decrescente à medida que a recolha de recicláveis vai aumentando (Bullock e Salvador, 1993, citado em (Martinho, 1998)). No entanto, na maior parte dos casos, a recolha dos recicláveis é implementada por adição à recolha convencional já existente para os RU, incrementando os custos de gestão.

Um número de opções diferentes podem ser aplicadas para a separação na fonte e recolha selectiva dos materiais recicláveis dos RU em diferentes fluxos, dependendo da estratégia de reciclagem local, municipal ou nacional. Em Portugal, como em muitos países Europeus, o sistema mais generalizado é o sistema de recolha selectiva trífloxo por ecopontos, ou seja, deposição em contentores separados de papel/cartão (embalagens e não embalagens, a depositar no papelão), vidro de embalagem (a depositar no vidrão), e embalagens de plástico, metais e de cartão para líquidos alimentares (a depositar no embalão), complementada em alguns países por mais um fluxo de recolha selectiva, de resíduos urbanos biodegradáveis, em resposta ao limite à deposição destes resíduos em aterro.

Os materiais plásticos representam uma pequena percentagem em termos de peso (cerca de 11%), mas uma elevada percentagem em volume nos RU (cerca de 30 a 40%) (Levy e Cabeças, 2006). Por estes motivos, a recolha desta valência é a que apresenta o maior desafio em termos de optimização de meios operacionais e consequentemente de custos de recolha. Em Portugal continental, recolheram-se em 2012, 83 milhões de toneladas de embalagens de plástico/metal (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro). O papel/cartão representam cerca de 25% da composição física dos RU em Portugal e são a segunda fileira mais representativa (Levy e Cabeças, 2006), correspondendo em 2012 a 145,8 milhões de toneladas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro). O vidro é o material que mais cedo foi alvo de recolha selectiva em Portugal, representando, em 2012, 149,8 milhões de toneladas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro).

A gestão destes três fluxos de resíduos em Portugal é realizada no âmbito do SIGRE – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens, cujo funcionamento se irá descrever no capítulo II.3.3.

II.3 ESTRATÉGIA NACIONAL NA GESTÃO DE RESÍDUOS

II.3.1 PLANOS SECTORIAIS NACIONAIS

Os planos estratégicos sectoriais tiveram um papel fundamental na evolução da gestão de resíduos em Portugal. Antes da publicação do PERSU I, em 1997, a gestão de resíduos não cumpria os requisitos mais básicos para a preservação do meio ambiente. Em 1995, 76% dos resíduos gerados em Portugal eram depositados em lixeiras e 14% em aterros controlados (Ribeiro *et al.*, 2011; Levy e Cabeças, 2006). A publicação do PERSU I estabeleceu metas estruturantes para a política de RU da altura, como o encerramento das lixeiras, a criação de infra-estruturas de tratamento de resíduos e o reforço da recolha selectiva e reciclagem multi-material. A este plano outros se seguiram, reflectindo a evolução da estratégia europeia para o sector.

A Decisão n.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002, estabeleceu o 6.º Programa Comunitário de Acção em Matéria de Ambiente para o período desde Julho de 2002 a Julho de 2012. Este Programa definiu quatro prioridades ambientais, onde se incluem os recursos naturais e resíduos, constituindo um enquadramento para a política futura da UE no sector dos resíduos, com consequências nos planos sectoriais nacionais, como o PERSU, o Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares (PERH) e o Plano Estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI).

A aprovação do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, relativo ao regime de gestão de resíduos, constituiu um passo determinante na formalização de uma estratégia que garantisse uma política nacional de resíduos, determinando que fosse elaborado um Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), com objectivos estratégicos de âmbito nacional e regras orientadoras que assegurassem a coerência dos planos específicos de gestão de resíduos. Este plano, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015, de 16/03/2015, teve como objetivo principal apresentar a visão e os objetivos estratégicos e operacionais que devem orientar a política de resíduos em Portugal Continental e Regiões Autónomas para o horizonte 2014-2020 (PNGR, 2015), constituindo um instrumento de planeamento macro da política de resíduos. Ao preconizar uma mudança do paradigma actual em matéria de resíduos, consubstanciando a prevenção e a gestão de resíduos como uma forma de dar continuidade ao ciclo de vida dos materiais, o plano constitui um passo essencial para devolver materiais e energia úteis à economia.

Antes deste PNGR, o PIRSUE, publicado no Despacho n.º 454/2006 (II Série), de 9 de Janeiro, constituiu o modelo que, sendo entendido como um instrumento para a caracterização e resolução dos problemas existentes na época a nível nacional na gestão dos RU, forneceu directrizes para a elaboração do PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos II. No PIRSUE, importa destacar o ponto de situação apresentado na sua medida n.º 4 – “Racionalização da logística da actual recolha selectiva” do Eixo n.º 2:

A nível de recolha selectiva multimaterial dos RU são bastante relevantes os investimentos que têm sido feitos, (...) existindo actualmente um grau de cobertura da população muito aceitável (...). Os materiais recuperados por esta via estão no entanto ainda distantes do potencial presente nos RU produzidos na área de influência destes equipamentos, originando custos unitários de operação elevados. Embora mantendo-se a tendência desejável de incremento dos quantitativos colocados à recolha, como resposta objectiva às acções de sensibilização levadas a cabo, nem sempre tal incremento é acompanhado da diminuição daqueles custos. Com efeito nalguns casos estes custos são mesmo agravados, quer pela inadequação dos esquemas operativos (frequência e trajectos de recolha, afectação de viaturas e meios humanos), quer por localizações dos ecopontos menos apropriadas.

Considerando este diagnóstico, que se mantém actual e onde o presente trabalho se enquadra, foi definida a “racionalização da logística da recolha selectiva”, tendo como objectivo a “optimização do

binómio quantidades recolhidas/custos de operação, traduzida na adopção dos esquemas operativos mais favoráveis”. Para isto, deveriam os sistemas de gestão de RU fazer “a análise dos esquemas actuais das recolhas selectivas, bem como o estabelecimento de formas de monitorização da recolha e de obtenção de informação de apoio à decisão”.

A medida 4 seria complementada pela medida 5, de *“incremento da recolha selectiva porta-a-porta como complemento à recolha por ecopontos”*, remetendo para os indicadores de funcionamento das experiências já realizadas, devendo os sistemas *“identificar os aspectos condicionantes da optimização deste tipo de recolha e da sua expansão, designadamente em matéria das tipologias mais favoráveis das zonas a abranger”* adoptando-se *“esquemas operativos que permitam a optimização do binómio quantidades recolhidas/custo.”*

A medida 14 do mesmo plano tinha por objectivo a *“Elaboração de Planos Integrados de Gestão de Resíduos pelos Sistemas de Gestão de RU”*. A relação próxima existente entre os municípios e as entidades gestoras dos sistemas (das quais os municípios são os responsáveis directos ou co-gestores) aconselhava que estes planos *“fossem elaborados pelos Sistemas em estreita colaboração com os Municípios”*. De facto, o êxito dos planos estratégicos depende da efectiva concretização das medidas previstas pelas entidades responsáveis, que no caso da recolha recai quase na totalidade sobre os municípios. No entanto, este pressuposto de colaboração entre sistemas e municípios nem sempre se verificou, existindo por vezes um desconhecimento da realidade da gestão em baixa por parte das entidades responsáveis pela fase final do sistema, que pode ter condicionado o sucesso dos respectivos Planos Integrados de Gestão.

Os objectivos do PIRSUE foram posteriormente reforçados no Eixo III do PERSU II, *“Qualificação e Optimização da Gestão de Resíduos”*, que introduziu como medida 4, o *“Reforço dos Sistemas ao nível de infra-estruturas e equipamentos nomeadamente o reforço das redes de recolha selectiva multimaterial”*, sendo para este efeito essencial a realização de estudos e de *“experiências piloto (...) de modo a poder recolher informação concreta sobre o custo-eficácia de cada sistema de recolha selectiva e poder fundamentar-se a opção dominante por um deles, ou justificar um sistema misto, atendendo às especificidades de cada Sistema e região”*.

O PERSU II previa ainda o *“reforço da reciclagem”* (medida 5) pela aposta na *“intensificação da recolha selectiva multimaterial, com maximização dos quantitativos desviados da recolha indiferenciada, o que pressupõe uma aposta forte na separação dos diversos componentes dos resíduos na origem (...) O esforço inerente a esta linha de actuação deverá ser optimizado em função do tipo de material, privilegiando-se aqueles relativamente aos quais o alcance dos objectivos de reciclagem/valorização se afigura mais difícil”*.

Paralelamente, considerando o impacte que a operação de recolha de resíduos tem a nível das emissões, o *Protocolo de Quioto*⁹ surge como uma das linhas orientadoras do PERSU II sendo assumido como *“um compromisso determinante na política de resíduos”*. O PERSU II veio ainda rever a Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados a Aterro (ENRRUBDA), publicada em 2003 para dar cumprimento às obrigações de desvio de aterro previstas na Diretiva Aterros.

⁹ Tratado internacional ratificado em 15 de Março de 1999, resultante da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, com compromissos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados como causa antropogénicas do aquecimento global.

Apesar das alterações importantes que ocorreram no sector no período de 2007 a 2012, a última avaliação intercalar de implementação deste plano registou um desvio considerável em relação às metas, pelo que, apesar de inicialmente se prever um período de implementação mais alargado, em 2013 a Comissão de Acompanhamento dos Trabalhos de Revisão do PERSU II iniciou os trabalhos de revisão do PERSU II, que culminou em 2014 com a apresentação do novo plano estratégico do sector: o PERSU 2020, aprovado pela Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro. Também a publicação de novas metas pela UE no sector ou recalendarização das existentes nas Directivas Quadro de Resíduos e Directiva Aterros motivaram esta reformulação do PERSU.

O PERSU 2020, que integra e revê o Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos, concretiza a estratégia nacional no que respeita aos RU para o período 2014 a 2020, estando assim alinhado com o novo ciclo de financiamento comunitário de 2014 e 2020, canalizado para o setor de águas e resíduos através do PO SEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos.

Um dos princípios gerais do PERSU 2020 que importa aqui transcrever é: *“privilegia-se a actuação a montante na cadeia de gestão de resíduos”,* transmitindo uma mensagem clara de enfoque no serviço de gestão em baixa. Também a aposta na *“definição de metas e não na preconização de soluções técnicas”* deve ser realçado, dando assim mais liberdade às entidades gestoras, e sendo um *“aspecto fundamental a responsabilização e capacitação dos municípios e sistemas de gestão de resíduos urbanos”*. O PERSU 2020 estabelece oito objectivos, onde se suporta a definição de metas a cumprir, que se resumem a seguir, às quais corresponde um conjunto de medidas a implementar pelos sistemas, entidade gestoras e agentes do sector, com responsabilidades bem definidas:

- Metas definidas para o objetivo da *“prevenção da produção e perigosidade dos RU”* (de acordo com os objetivos definidos no Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos): redução da produção em 7,6% e 10%, a 31 de Dezembro de 2016 e 31 de Dezembro de 2020, respectivamente, em relação aos resíduos produzidos em 2012;
- Meta definida para o objetivo *“aumento da preparação para reutilização da reciclagem e da qualidade dos recicláveis”* (de acordo com o RGGR, Decreto-Lei nº 178/2006): atingir uma taxa de preparação e reciclagem de 50% no ano de 2020; esta meta é concretizada com metas específicas para cada sistema de gestão;
- Meta definida para o objectivo de *“redução da deposição de RUB em aterro”*: até 2020 estabelece-se uma redução da deposição em aterro para 35% da quantidade total, em peso, dos RUB produzidos em 1995; esta meta é também concretizada com metas específicas para cada sistema de gestão;
- Meta definida para o objectivo de *“valorização económica e escoamento dos recicláveis e outros materiais do tratamento de RU”*: reciclagem de, no mínimo, 70% em peso dos resíduos de embalagem até 31 de Dezembro de 2020;
- Meta nacional de captação de 47 kg/hab.ano de retomas da recolha seletiva multimaterial (papel/cartão, plástico, metal e vidro), até 31 de Dezembro de 2020, que será também garantida pelo estabelecimento metas específicas de retomas da recolha seletiva, por sistema de gestão.

O Grupo de Apoio à Gestão do PERSU 2020, que funciona em articulação com a APA com o objetivo de simplificar o acompanhamento e incentivar a evolução progressiva de cada sistema até 2020, propôs metas intercalares por sistema de gestão RU, relativamente à deposição de RU biodegradáveis em aterro, preparação para reutilização e reciclagem e retomas com origem em recolha selectiva, numa base anual (ERSAR, 2015).

Dos objectivos definidos no PERSU 2020, considerando o âmbito e objectivo do presente estudo, destaca-se o *“aumento da preparação para reutilização, da reciclagem e da qualidade dos recicláveis”*, a *“redução da deposição em aterro”*, o *“reforço dos instrumentos económico-financeiros”*, e o

“incremento da eficácia e capacidade institucional e operacional do sector”, por ser os que directa ou indirectamente interferem com a gestão da recolha de RU.

Nas medidas definidas para o primeiro objectivo, destaca-se uma que é determinante na escolha do método e consequentemente do sistema e equipamentos de recolha, nomeadamente a promoção da *“inclusão de disposições que obriguem os edifícios a terem instalações que facilitem a recolha selectiva no Regime Jurídico de Urbanização e Edificação”*. Especificamente em relação à recolha selectiva salientam-se duas medidas: *“promover a partilha e generalização de boas práticas e das redes de recolha selectiva de RUB”* e *“optimizar e alargar, quando justificável para a eficácia do serviço, as redes de recolha selectiva (...)”*. Ora em Portugal, de acordo com os dados da ERSAR, a cobertura das redes de recolha selectiva atingiu já valores bastante elevados: o último relatório de avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores, relativo a dados de 2014 (ERSAR, 2015), indica valores para o indicador da “acessibilidade do serviço de recolha selectiva” perto dos 80%, chegando aos 94% para as entidades gestoras em baixa de áreas predominantemente urbanas. Assim, mais do que investir no alargamento da rede, interessa investir na optimização deste serviço, que só é possível pelo conhecimento dos dados operacionais e financeiros associados, o que nem sempre se verifica, considerando a complexidade da obtenção e actualização dos mesmos e a falta de recursos humanos e *know-how* na maioria dos municípios. Muitos municípios não recorrem ainda aos sistemas e *softwares* de gestão e monitorização do serviço já disponíveis no mercado e que suportam a recolha e manutenção de bases de dados fiáveis.

Para o segundo objectivo, destaca-se a medida “acompanhar e reforçar, se necessário, o incentivo dado à aplicação do princípio da hierarquia dos resíduos, constante no regulamento tarifário dos resíduos”, reforçado por uma medida para o terceiro objectivo, de reforço da aplicação da responsabilidade do produtor: “estudar novos métodos de tarifação do serviço de gestão de RU (alternativos à indexação ao consumo de água)” e “promover projectos de aplicação de tarifação através de medição do peso/volume dos RU recolhidos, mediante sistemas PAYT”. Ainda neste âmbito transcrevem-se duas medidas: “promover a prática de apuramentos de custos e proveitos dos serviços por todas as entidades gestoras de RU, independentemente do modelo de gestão adoptado” e “avaliar e promover a adequação dos custos com o serviço prestado num cenário de eficiência estrutural e operacional”.

Neste âmbito importa sublinhar a complexidade no apuramento de custos em Portugal, considerando que na maioria dos serviços responsáveis pela recolha não está implementada uma contabilidade analítica com centros de custo bem definidos, que possam fornecer informação. Importa também reforçar o papel que o sistema de recolha pode desempenhar, ao constituir o ponto de contacto com os cidadãos, podendo assim servir de veículo à transmissão de mensagens que possam contribuir para estas medidas. De facto, os municípios devem envolver e responsabilizar os cidadãos nos objectivos que definem, nomeadamente através de sensibilização para a prevenção e separação de resíduos mas também através dos sistemas PAYT.

As medidas que visam a responsabilização e capacitação dos municípios previstas no quarto objectivo do PERSU 2020 devem ser também destacadas, nomeadamente *“promover a aplicação de tarifários que assegurem a cobertura integral dos custos”* e *“capacitar técnicos locais para a sensibilização e optimização da logística de recolha”*. O plano não prevê, no entanto, nenhum incentivo ou contrapartida financeira para os municípios que investem na reformulação dos sistemas de recolha selectiva e formação dos seus técnicos.

Outras medidas previstas para incrementar a eficácia e capacidade institucional e operacional do sector, são a criação de “mecanismos de incentivo à melhoria da eficiência na prestação do serviço”, “controlar o fenómeno de furtos e mercados paralelos de RU”, “prever a inclusão de objetivos, metas e indicadores do nível de atividade nos contratos de gestão de resíduos, que vincule a atividade num

cenário de eficiência e de cumprimento do PERSU 2020”, “promover a avaliação de sinergias da integração da recolha selectiva com a indiferenciada e a partilha de infraestruturas e serviços” e “promover estudos de avaliação comparativa dos processos de recolha e tratamento, com vista ao estabelecimento de metas mínimas de eficiência, a funcionar a par com os coeficientes mínimos de eficiência estabelecidos pelo PERSU 2020”.

Da leitura destas medidas verifica-se que existe um denominador comum: o conceito de eficiência. No PERSU 2020 não existe, no entanto, qualquer suporte para a concretização deste conceito, como a comparação e *benchmarking* de projectos internacionais, que exemplifiquem a aplicação das melhores práticas e tecnologias disponíveis. Importa assim definir o que se entende por um “cenário de eficiência estrutural e operacional” e como avaliá-lo, uma questão que esta tese pretende responder.

Para além dos PERSU, existem outros documentos também importantes para o enquadramento legal e estratégico da gestão nacional dos RU que se podem referir, como a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos publicada no Despacho n.º 21295/2009, de 26 de Agosto, e o Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos (PPRU, publicado no Despacho n.º 3227/2010, de 22 de Fevereiro), que teve por objectivo fundamental propor medidas, metas e ações para a sua operacionalização e monitorização, com vista à redução da quantidade e perigosidade dos RU produzidos, e que foi revogado com a publicação do PERSU 2020.

II.3.2 REGULAÇÃO DO SECTOR E SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA

II.3.2.1 ENQUADRAMENTO

O abastecimento de água e a gestão de águas residuais e de RU em Portugal é da responsabilidade das 308 autarquias existentes no país. Desde 1993, foi aprovada legislação no sentido de encorajar a participação do sector privado na gestão destes serviços ambientais, nomeadamente a participação de capital privado (Decreto-Lei n.º 379/93) mantendo o Estado a maioria das acções, a introdução de concessões e formação de estruturas de cooperação supramunicipais e a criação de um organismo de âmbito nacional para avaliar os processos de concursos públicos e aconselhar os municípios que abrem concursos e os concessionários (Decreto-Lei n.º 147/95) (CE, 2000).

Por outro lado, a regulação deste sector é agora uma realidade para todas as entidades envolvidas. Já em 2007, nas conclusões do relatório de acompanhamento do PERSU II, recomendava-se “a concretização do alargamento da intervenção regulatória do IRAR (ex-ERSAR) a todas as entidades gestoras de sistemas de gestão de RU, o que permitirá uma abordagem harmonizada no apuramento de custos e proveitos incorridos com a prestação do serviço e a adopção de procedimentos de *benchmarking* no que respeita à sua eficiência”.

Com a entrada em vigor da Lei n.º 53 – F/2006 (art 11º) e Lei n.º 2/2007, as empresas municipais, intermunicipais e metropolitanas passam também a estar reguladas pelo IRAR¹⁰, em conjunto com os sistemas multimunicipais. O modelo de regulação baseia-se na noção de que a diferença entre os

¹⁰De acordo com o artigo 16º da Lei n.º 2/2007 de 15 de Janeiro, que aprova a Lei das Finanças Locais e artigo 11º da Lei n.º 53-F/2006 que aprova o regime jurídico do sector empresarial local.

custos do sistema (baixa e alta) e as receitas provenientes da venda dos recicláveis e actividades complementares deve ser assegurada pela tarifa (Pássaro, 2007). Os municípios devem garantir a recuperação de custos directa ou indirectamente suportados com a prestação dos serviços, que deverão estar de acordo com o regulamento tarifário a aprovar (IRAR e APA, 2008).

Mas a preocupação em garantir o financiamento do serviço de recolha não é recente. No início do Século XVII, com o fim de reforçar o orçamento dos serviços de recolha, foi lançado um imposto sobre as actividades que se sabia produzirem mais resíduos – o real da carne. Após o terramoto de 1755, por acção do Marquês de Pombal, os serviços de limpeza da cidade de Lisboa passaram a ser custeados através de uma taxa, cujo pagamento era efectuado sobretudo pelas casas de pasto, de bebidas e estalagens (Levy e Cabeças, 2006).

A fixação de tarifas tem-se revelado até agora uma questão política e a recuperação de custos é pouco praticada (CE, 2000) devido à oposição política e da opinião pública a taxas mais elevadas, que constituem obstáculos difíceis de ultrapassar. As tarifas devem cobrir os custos de amortização, os juros, a fiscalidade e os custos de exploração (Levy, 2004), no entanto, algumas autarquias cobram tarifas incluídas nas tarifas pagas pelo abastecimento de água, não reflectindo, por essa razão, os custos reais do serviço e raramente cobrindo os custos de exploração e de manutenção (CE, 2000).

A nível nacional, a debilidade económico-financeira do país e dos municípios, com asfixia financeira por inexistência de mecanismos adequados de cobrança das tarifas (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) e consequente défice tarifário (APA, 2008), tem como consequência a dificuldade em financiar o sector, e tem originado problemas financeiros para muitas entidades gestoras, algumas das quais são obrigadas a recorrer à subsidiação por via de outras receitas. Marques e Simões (2009) utilizaram uma técnica de *benchmarking* não paramétrica, de *data envelopment analysis*, para avaliar a eficiência dos serviços de resíduos portugueses em alta, que permitiu concluir que os níveis de ineficiência dos operadores portugueses em 2005 eram relativamente significativos.

A este enquadramento soma-se a obrigatoriedade de aplicação do regulamento tarifário do serviço de gestão de RU da ERSAR, que torna fundamental o conhecimento dos custos dos serviços de gestão de resíduos, e que obriga à implementação de centros de custo e contabilidade analítica, para suportar o cálculo de indicadores económicos.

De facto, em Portugal a maioria dos tarifários são cobrados juntamente com a factura da água, dividindo-se nos seguintes tipos: tarifário fixo, tarifário variável e tarifário fixo e variável, existindo também municípios que não aplicam qualquer tarifa. Existem outros tarifários que não dependem apenas do consumo de água, mas da frequência da remoção, características do município e sistema de remoção, aproximando-se mais do conceito de tarifa e menos do de taxa, uma vez que depende mais da qualidade do serviço prestado (Levy, 2004).

Os sistemas tarifários implementados pelos municípios em Portugal apresentam assim uma grande variabilidade, não só na forma como são cobrados, mas também nos valores cobrados (Marques e Simões, 2009) e o valor que se obtém dos recicláveis é muito inferior aos custos da sua recolha e tratamento (Levy, 2007). De facto, o défice anual médio ponderado por habitante das autarquias portuguesas era, em 2005/2006, de 39,6 €/hab.ano, que representa um défice de 77% entre o custo médio do serviço e o valor recebido pelas autarquias (Levy e Pinela, 2008). Esta situação ainda se mantém na maioria dos concelhos, onde se verifica que o peso dos encargos com os serviços de águas e resíduos tem pouca expressão no rendimento médio mensal das famílias (ERSAR, 2015), que resulta, no caso dos resíduos, da falta de cobrança pelos serviços ou de tarifários que não representam todas as parcelas de custo ou não se baseiam nos gastos reais. Concretizando, em 2014, apurou-se um rendimento total, para 98% das Entidades Gestoras (EG) apuradas pela ERSAR, de 286 milhões de €/ano e um valor para os gastos totais bastante superior, de 390 milhões de €/ano (ERSAR, 2015).

Com o foco crescente na redução de resíduos, reutilização e reciclagem, a complexidade dos sistemas de recolha e tratamento de resíduos tem aumentado dramaticamente, pelo que as ferramentas de avaliação da eficiência de custos precisam fornecer informações mais detalhadas (Rogge e De Jaeger, 2012). Trata-se de um serviço que deve ser suportado pelo utilizador, no entanto, tratando-se de um serviço de clara utilidade pública, o preço deve ser correcto, baseado em princípios de gestão profissional, que não penalizem o utente por eventuais ineficiências do sistema (Levy, Oliveira e Brito, 2004).

Uma das medidas previstas no PERSU 2020 é “estudar novos métodos de tarifação do serviço de gestão de RU, alternativos à indexação ao consumo de água” (ERSAR, 2015). A Deliberação nº 928/2014 aprova o regulamento tarifário do serviço de gestão de RU, que se encontra articulado com o plano estratégico do sector e segue os termos previstos nos estatutos da ERSAR (Cardoso, 2014), aprovados pela Lei n.º 10/2014, de 6 de Março, que reforçou os poderes de regulação, nomeadamente ao nível dos instrumentos jurídicos típicos (*i.e.* fixação de tarifas e instruções vinculativas), bem como das competências regulamentares, sancionatórias, de resolução de litígios e de divulgação pública de informação (ERSAR, 2015). O novo regulamento tarifário é aplicável a todas as entidades gestoras prestadoras de serviços de gestão de RU, quer de titularidade estatal quer municipal, cobrindo os modelos de gestão direta, gestão delegada e gestão concessionada, sendo 2016 o primeiro período regulatório para as concessionárias dos sistemas multimunicipais (ERSAR, 2015).

Nos sistemas estatais (multimunicipais), a ERSAR passa a fixar as suas tarifas baseando-se num novo modelo de proveitos permitidos, estabelecidos para períodos regulatórios plurianuais, que assegura maior estabilidade tarifária, remetendo para a entidade gestora os riscos operacional, de investimento e de financiamento e incorporando diversos mecanismos de eficiência (ERSAR, 2015).

No que respeita aos sistemas municipais, continuarão as entidades gestoras municipais a aprovar os seus tarifários, ainda que sujeitas aos regulamentos tarifários da ERSAR, salvaguardando os princípios de recuperação dos custos da provisão dos serviços, os quais se devem conter dentro de padrões de eficiência do sector, e da acessibilidade económica dos utilizadores (ERSAR, 2015). A ERSAR passa a auditar o cumprimento dos referidos regulamentos, identificando eventuais incumprimentos e recomendando a sua correção, podendo emitir instruções vinculativas para a correção dos tarifários caso a sua recomendação não seja acatada nas situações de especial gravidade, que subvertam os pressupostos basilares que devem presidir à construção das tarifas, a sustentabilidade económico-financeira do serviço e a acessibilidade económica por parte dos utilizadores domésticos (ERSAR, 2015).

Concluindo, os tarifários dos serviços de resíduos, aplicados aos utilizadores finais, devem permitir a recuperação gradual dos custos económicos e financeiros incorridos pelas entidades prestadoras dos serviços, num cenário de eficiência produtiva, em condições de assegurar a qualidade do serviço prestado, a sustentabilidade económico-financeira dos operadores e, simultaneamente, o acesso económico dos serviços à totalidade da população, que tem direito ao acesso físico, tendencialmente universal, ao serviço, em condições de continuidade e de qualidade, mas tem, naturalmente, o dever de pagar o preço da sua prestação, calculado em condições de desempenho eficiente e que incentive comportamentos ambientalmente mais favoráveis (ERSAR, 2015). Importa, no entanto, indicar os factores que definem a “eficiência produtiva” ou um “desempenho eficiente”, e desenvolver uma metodologia de avaliação dos sistemas de recolha, do ponto de vista operacional e financeiro, objectivo que se pretendeu atingir na presente tese.

II.3.2.2 SISTEMAS PAY AS YOU THROW - PAYT

Vivemos um cenário de gestão de RU que se confronta com a necessidade de maximização dos recicláveis e redução dos custos de gestão. Portugal está na cauda da Europa no que respeita à recolha seletiva, com uma taxa de reciclagem inferior a 20% (EEA, 2013a) e um *deficit* crónico que não cobre os custos e não permite investimento. Tal como suportado nos parágrafos anteriores, verifica-se que o preço pago pelos portugueses pelo serviço de recolha não está ajustado aos custos de gestão dos RU e não estimula a aderência dos cidadãos à deposição selectiva: as autarquias portuguesas recuperam em média apenas metade do custo destes serviços através da tarifa e a generalidade dos tarifários aplicados estão indexados ao consumo de água, que não encoraja a redução da produção de resíduos nem diferencia os utilizadores.

Uma estratégia que tem recebido um reconhecimento crescente é a aplicação dos sistemas de taxas diferenciadas, em que os custos de gestão de resíduos são alocados aos produtores de resíduos de acordo com a quantidade produzida. Estes sistemas *pay as you throw* ou “PAYT”, sustentam-se no princípio do poluidor-pagador, tal como previsto da Directiva-Quadro de Resíduos.

Verifica-se uma maior incidência da implementação do PAYT nos países da Europa central e nórdicos da UE, sendo Portugal, Espanha, Irlanda e a Grécia os países que mais tarde iniciaram experiências piloto (Intecus, 2015). Nos países europeus como a Alemanha e os Países Baixos, o PAYT é encarado como um instrumento para abordar as preocupações dos cidadãos em resposta à carga crescente de tarifas, para um tratamento mais justo e transparente quanto à imputação de custos individuais para os serviços de gestão de resíduos. Embora exista uma variação assinalável em função do tipo de sistema e local de aplicação, a adoção de sistemas PAYT na UE15, tem implicado, em termos médios, uma redução em 10% da quantidade total de resíduos produzidos, em 30% da produção de resíduos indiferenciados e um aumento da reciclagem em mais de 60% (ERSAR, 2013). Mas para uma dispersão mais ampla da abordagem PAYT na Europa no futuro, teria de ser instalado em primeiro lugar um sistema de contabilização do custo total na gestão de resíduos, como um requisito geral nos respectivos países (Reichenbach, 2008). De facto, os sistemas PAYT só podem ser aplicados após o conhecimento dos custos reais dos serviços de recolha, garantindo-se assim a aplicação justa e equitativa dos mesmos.

A nível nacional, esta abordagem concretizou-se na Resolução da Assembleia da República n.º 8/2013, de 31 de janeiro, onde se recomenda a adopção das opções políticas apresentadas nas conclusões do estudo de 2012 promovido pela Comissão Europeia, intitulado “Use of economic instruments and waste management performances”, sobre a necessidade de sistemas PAYT como estímulo para a redução da produção de resíduos, aumento da reciclagem e diminuição dos custos e encargos dos tarifários de resíduos para as famílias. Mas a importância atribuída aos sistemas PAYT na legislação nacional não é recente. O reforço da aplicação do princípio do poluidor-pagador previsto no PERSU II era já também evidente na “Recomendação Tarifária”, IRAR n.º 1/2009, no relatório da OCDE, de 2011, relativo à última avaliação sobre o desempenho ambiental Português e no Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020. A implementação de sistemas PAYT permitiria ainda cumprir com o estabelecido no regulamento de tarifários publicado pela ERSAR, a implementar até o corrente ano.

Tal como já foi referido, também o PERSU 2020 prevê a implementação do princípio do poluidor-pagador, nomeadamente a “redução da deposição de RU em aterro” pela “diferenciação de sistemas de tarifação consoante a produção de resíduos”. Prevê também o “reforço dos instrumentos económico-financeiros”, pela promoção de “projetos-piloto de aplicação de tarifação através de medição do peso/volume dos RU recolhidos, mediante metodologias conhecidas por PAYT” e pelo “estudo de novos

métodos de cobrança do serviço de gestão de RU”, “assegurando a recuperação tendencial dos gastos incorridos com a atividade de gestão de RU”. Estas medidas constituem um verdadeiro desafio para as Entidades Gestoras e ERSAR, por obrigarem a um exaustivo trabalho de apuramento de custos e proveitos dos serviços e avaliação da adequação dos mesmos a um cenário de “eficiência estrutural e operacional”. De facto, qualquer factor motivador para induzir os cidadãos à deposição de recicláveis deve ser suportado por uma infra-estrutura de recolha bem desenvolvida, uma boa informação/comunicação com a população e uma política de tarifação adequada e transparente. De particular importância é o uso de um modelo onde exista a uma taxa mínima fixa complementada por componentes variáveis a pagar de acordo com a estrutura de serviço (Bilitewski, 2008).

No actual contexto nacional, a aplicação de sistemas PAYT revela-se uma estratégia a considerar na prevenção de resíduos e no aumento da recolha seletiva e da reciclagem: a substituição da taxa em vigor por uma taxa variável em função da quantidade de resíduos produzidos constitui um método de tarifação mais justo que incentiva os cidadãos, por via financeira, a repensar a quantidade de resíduos que produzem e a promover a redução da fração indiferenciada e o aumento da separação dos resíduos valorizáveis, na origem.

Apesar da importância que as estratégias locais assumem na implementação destes sistemas, existem objectivos centrais que estarão sempre na sua origem: a recuperação de custos do serviço através dos tarifários municipais, a equidade entre utilizadores, o incentivo à separação e a redução da produção de resíduos. Estes esquemas de pagamento de resíduos em função da produção têm, em teoria, vantagens inquestionáveis, mas a aplicação de uma nova estrutura tarifária pode envolver questões práticas complexas, que devem ser consideradas, como a alteração de comportamentos da população e contestação pública perante a cobrança de um serviço anteriormente percebido como “gratuito” ou “já pago pelos impostos”. A introdução de sistemas PAYT surge ainda frequentemente associada a reconfigurações nos sistemas de recolha, o que lhes atribui a reputação de ser uma iniciativa “cara”, que em conjunto com a complexidade técnica têm constituído barreiras à sua implementação.

O relatório técnico n.º 1/2013 da ERSAR, “Implementação do princípio do poluidor-pagador no sector dos resíduos”, constitui um documento nacional de referência, onde se preconiza a gradual conversão do tarifário numa componente fixa (ou de “serviço base”), enquanto em paralelo se introduz uma componente variável do tipo PAYT. Nos três casos portugueses analisados – Maiambiente (Maia), Câmara Municipal de Óbidos e EMARP (Portimão), reforça-se a importância que os esforços de sensibilização e a reformulação dos sistemas de recolha tiveram nos progressos conseguidos pelas três entidades gestoras na separação de recicláveis. De destacar os resultados apresentados pela Maiambiente em Janeiro de 2015, que apontam para uma capitação média de 68 kg/hab/ano, acima da meta do PERSU 2020.

A implementação de um sistema PAYT em municípios com sistemas de recolha diversos nunca será fácil, por envolver soluções tecnológicas diversas e obrigar à construção de um sistema de informação que garanta que a factura do serviço seja paga em função da quantidade de resíduos efetivamente produzida em cada habitação ou por cada utilizador, através da identificação de todos os produtores de resíduos, tipologia habitacional, e registos sistemáticos da quantidade produzida, entre outros dados. Como resposta a estas dificuldades, a ERSAR recomenda a adaptação do sistema de recolha em operação, como forma de reduzir o investimento necessário - um município com um sistema de recolha “de proximidade” baseado em “ilhas ecológicas” pode evoluir para a introdução de um “modelo PAYT com base na utilização de locais de deposição comum, pela identificação do utilizador”; para uma entidade com recolha porta-a-porta preconiza-se um “modelo PAYT com base em contentores individuais contratados”. Os modelos baseados em sacos ou etiquetas pré-pagos, com identificação do utilizador, são apontados como a solução para os sistemas de recolha mais comuns em Portugal (contentores e “ecopontos” de proximidade).

Os factores de sucesso para qualquer estratégia municipal de implementação do PAYT são: o envolvimento de todos os detentores de interesse - cantoneiros, motoristas, encarregados, técnicos, vereadores, presidente, prestadores de serviços, empresas, munícipes, associações comerciais e de moradores, a correcta avaliação da estrutura tarifária a aplicar e do ponto de partida em termos da recuperação de custos, a utilização do modelo técnico que melhor se adapte ao sistema de recolha em funcionamento e a realização de uma forte campanha de comunicação e sensibilização da população.

II.3.3 A GESTÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS EM PORTUGAL

II.3.3.1 SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS

O princípio da responsabilidade alargada ao produtor foi aplicado para a gestão de resíduos de embalagens em vários países, sendo o Sistema Ponto Verde para resíduos de embalagens um programa amplamente divulgado na Europa (Pires *et al.*, 2015). Os objectivos nacionais de valorização e reciclagem de resíduos de embalagens encontram-se previstos no Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, na redacção introduzida pelo Decreto-Lei n.º 162/2000, de 27 de Junho, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro, relativa a embalagens e resíduos de embalagens, onde estão fixados os objectivos nacionais de valorização e reciclagem para os resíduos de embalagens.

A estratégia de gestão de RU a nível nacional está assim fortemente dependente dos objectivos da Directiva Embalagens. As medidas adoptadas pelos sistemas e entidades gestoras em resposta às metas estabelecidas, têm tido resultados em todas as valências, no entanto, a gestão de resíduos de embalagens continua a constituir um enorme desafio por diversos factores - o aumento da utilização de plásticos nas embalagens de produtos (essencialmente alimentares), a variedade e complexidade dos materiais envolvidos, o baixo peso específico, o elevado poder calorífico e o volume de negócios envolvido na retoma. Os resíduos de embalagens fazem parte do ciclo de vida das embalagens, que é complexo, tal como se ilustra na Figura II-3.



Figura II-3: O ciclo de vida das embalagens (Borges, 2016)

Com a missão de promover a recolha selectiva, retoma e reciclagem de resíduos de embalagens a nível nacional, em Dezembro de 1996 foi criada uma entidade privada, sem fins lucrativos: a Sociedade Ponto Verde, S.A. (SPV), responsável pelo “Sistema Ponto Verde” Português¹¹. ou “sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens” (SIGRE). Este sistema integrado abrange todas as embalagens colocadas no mercado nacional e todos os resíduos de embalagens, independentemente do material de que sejam constituídos e assenta numa articulação de responsabilidades e processos entre um conjunto de parceiros, constituído por consumidores, distribuidores, embaladores e importadores, fileiras e Autarquias, atribuindo a cada um deles direitos e competências (Levy e Cabeças, 2006). No sistema Ponto Verde Português, como outros sistemas assentes no princípio da responsabilidade alargada ao produtor¹², as entidades que pagam contribuições são aquelas que colocam as embalagens de produtos no mercado, ou seja, os embaladores e importadores de produtos embalados (Pires *et al.*, 2015). Os Embaladores/Importadores são obrigados por lei a submeter as suas embalagens a um Sistema de Consignação (para embalagens reutilizáveis) ou a um Sistema Integrado (para embalagens não reutilizáveis); no caso deste último, os Embaladores/Importadores transferem as suas responsabilidades para as entidades gestoras, efectuando um pagamento em função do peso e do tipo de material. As entidades gestoras dos sistemas integrados de embalagens e resíduos de embalagens, de acordo com o artigo 5.º do Decreto-Lei 366-A/97, de 20 de dezembro, e o artigo 7.º da Portaria 29-B/98, de 15 de janeiro¹³, celebram contratos com os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos, responsáveis pela recolha dos RU. O SIGRE pode ser esquematizado de acordo com o diagrama que se apresenta na Figura II-4.

¹¹ A SPV é membro da PRO EUROPE s.p.r.l. (Packaging Recovery Organisation Europe), uma organização europeia fundada em 1995 que engloba os sistemas de recuperação de embalagens e resíduos de embalagens que utilizam o sistema “Ponto Verde”, um programa de responsabilidade alargada ao produtor bastante disseminado na Europa – a marca ponto verde numa embalagem significa que, para essa embalagem, foi paga uma contribuição financeira a uma organização nacional qualificada na recuperação de embalagens, estabelecida em conformidade com os princípios definidos na Directiva comunitária 94/62, relativa a embalagens e resíduos de embalagens e respectivas leis nacionais (PROEurope, 2015).

¹² Responsabilidade Alargada do Produtor é uma abordagem política em que os produtores se responsabilizam - financeiro e / ou fisicamente, pelo tratamento ou eliminação dos produtos na fase pós-consumo (OCDE., 2001).

¹³ Portaria que define as regras de cariz prático necessárias à correcta implementação de sistemas de gestão exclusivamente vocacionados para o fluxo das embalagens e seus resíduos, descrevendo os moldes de funcionamento dos sistemas de consignação aplicáveis às embalagens reutilizáveis e às embalagens não reutilizáveis, bem como as do sistema integrado aplicável apenas às embalagens não reutilizáveis.

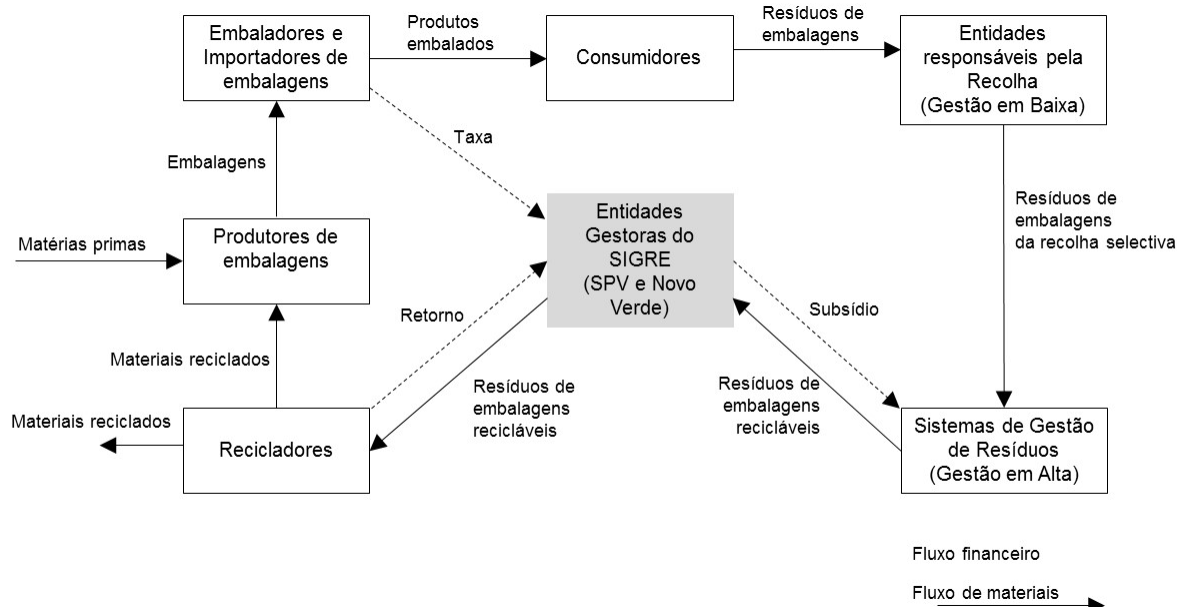


Figura II-4: Funcionamento do SIGRE (fluxo das embalagens urbanas), adaptado de (Pires et al., 2015).

Resumindo, no que respeita ao fluxo financeiro, embaladores e importadores de produtos pagam uma taxa às entidades licenciadas para a gestão deste fluxo de resíduos, que garante que a embalagem é eliminada de forma ambientalmente responsável e em conformidade com a legislação; a taxa é transmitida para os distribuidores, retalhistas e, finalmente, para os consumidores, sendo incorporada no preço do produto (não é visível para o consumidor), e usada para pagar por todo o sistema de separação na origem, recolha, transporte, triagem e reciclagem. Os recicladores pagam os resíduos de embalagens recicláveis fornecidos pelo gestor de resíduos, em condições de mercado (Pires et al., 2015).

Para além de cumprir com o princípio da responsabilidade alargada ao produtor, a gestão dos resíduos de embalagens no âmbito do SIGRE enquadra-se por excelência no conceito da Economia Verde, dado que potencia uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, contribuindo para a redução dos impactos ambientais da extração de novos recursos e para a disponibilidade de recursos essenciais às nossas economias, criando ao mesmo tempo oportunidades de negócio e valor acrescentado e promovendo a criação de emprego (3Drivers e IST, 2012).

Recentemente, o novo pacote legislativo do SIGRE publicado pelo Ministério do Ambiente em Junho deste ano, inclui, além dos despachos das licenças de duas novas entidades gestoras (Sociedade Ponto Verde e Novo Verde), as alterações ao Decreto-Lei n.º 366-A/97 e o despacho que fixa o modelo de cálculo dos valores de contrapartida, que deverá entrar em vigor em Janeiro de 2017 e as principais obrigações a que ficam vinculadas a Sociedade Ponto Verde e a Novo Verde para garantirem a respetiva licença.

A atribuição de novas licenças inicia um ciclo de concorrência com a entrada da Novo Verde que dividirá a gestão destes resíduos com a Sociedade Ponto Verde. O novo modelo de licenças de gestão de resíduos de embalagens coloca na APA, em articulação com a Direcção-Geral de Actividades Económicas e a ERSAR, a responsabilidade de determinar os valores de contrapartida que são pagos aos sistemas de gestão de resíduos (SGR) - sistemas multimunicipais, intermunicipais e autarquias (ou SMAUT), pelos custos acrescidos com a recolha selectiva de embalagens.

II.3.3.2 PAPEL DOS CONSUMIDORES E UTENTES DO SIGRE

Os factores contextuais comunitários têm uma enorme importância nos programas de reciclagem: o nível de educação e de rendimentos influenciam mais na variação na reciclagem do que os projectos administrativos ou a opinião pública sobre a política ambiental (Feiock e Kalan, 2001). Esta descoberta tem implicações para o estudo e prática da gestão local de resíduos.

Os consumidores desempenham um papel preponderante no SIGRE, pois só se existir adesão ao sistema, pela separação de embalagens e deposição selectiva em ecopontos, é que se pode dar início ao processo de reciclagem. É por isso fundamental o conhecimento dos factores que influenciam esta adesão da população, não só os factores sociais, pessoais e motivacionais, inerentes a cada pessoa, colectividade ou sociedade, mas também as questões técnicas e operacionais inerentes a cada sistema de recolha selectiva, nomeadamente as questões de acessibilidade dos utentes - cobertura de ecopontos e facilidade de utilização.

Apesar da média nacional do indicador de cobertura *n.º de habitantes por ecoponto*, ser boa em comparação com outros países europeus, a taxa de participação e qualidade de participação são ainda bastante baixas, sendo por isso importante avaliar os motivos que estão na origem da fraca adesão da população (Martinho, 2009). Excluindo os factores de comportamento, cujo peso é indiscutível mas que estão fora do âmbito do presente trabalho, existem também questões puramente técnicas, relacionadas com as opções tomadas pelas Autarquias na selecção dos sistemas de recolha implementados, que são importantes para a adesão da população. É assim importante manter o contacto com os municípios de forma a adequar as opções técnicas às necessidades dos mesmos, enquanto utentes do SIGRE.

Os pedidos/reclamações mais vulgares dos utentes junto das entidades gestoras relacionados com a recolha selectiva que podem ser referidos são: a cobertura (distância ao ecoponto mais próximo), as taxas de enchimento e frequências de recolha, os dias e horário de recolha (pela conveniência ou pelo ruído que original) e os equipamentos de deposição utilizados (dimensão das bocas de deposição e outras questões de acessibilidade/ergonomia) (HPEM, 2013).

Todas estas questões estão relacionadas com a escolha adequada dos equipamentos, do local de instalação e do planeamento da sua recolha, que devem ser analisadas pelos técnicos e gestores responsáveis para dar o respectivo *feed-back* à população, envolvendo-a no processo de decisão.

II.3.3.3 VALOR DE CONTRAPARTIDA

O valor de contrapartida estabelecido na licença da SPV de Dezembro de 2004, prorrogada em 2012, pretendeu corresponder à compensação financeira devida às entidades aderentes ao Sistema Ponto Verde (autarquias locais, sistemas municipais ou intermunicipais, ou SMAUTS - *Sistemas Municipais e Autarquias Aderentes*) pelo acréscimo de custos com a recolha selectiva e triagem de resíduos de embalagens, que provem ter entregado a retomadores acreditados resíduos triados e conformes com as especificações técnicas definidas na mesma licença. O valor deve premiar aqueles que melhores desempenhos apresentam no cumprimento das obrigações nacionais estabelecidas para cada tipo de material de embalagem e globalmente.

De acordo com o número 2 do Artigo 1º do Despacho 8376-C/2015, que veio estabelecer o modelo de contrapartidas financeiras do SIGRE,

(...) os valores de contrapartidas financeiras, pela recolha selectiva, correspondem às contribuições financeiras prestadas pelas entidades gestoras aos SGRU, por conta das quantidades (em peso) de resíduos de embalagens, contidos nos resíduos domésticos e resíduos semelhantes cuja produção diária por produtor não exceda os 1100 litros, provenientes da recolha seletiva, através da rede de ecopontos, ecocentros e porta-a-porta, que cumpram as especificações técnicas e que sejam retomadas pelas entidades gestoras.

Este custo diferencial ou acréscimo de custo induzido pelas operações de recolha selectiva e triagem dos resíduos de embalagem, deduzido dos custos evitados na recolha não selectiva e no destino final em aterro sanitário (Deloitte, 2004) não é, no entanto, fácil de calcular, tendo este calculo sido alvo de alguns exercícios.

Em 2004 a Deloitte desenvolveu um estudo para o antigo Instituto dos Resíduos (INR), que partiu de três pressupostos (Deloitte, 2004):

- Ter em consideração a diversidade de realidades existentes a nível nacional;
- Não retratar a situação actual do SIGRE assim como os investimentos efectuados e a capacidade de recolha e triagem instaladas, mas simular um SIGRE optimizado, gerido de forma concertada potenciando sinergias entre sistemas, e cujos meios utilizados nas operações estariam adequados ao nível de actividade previsto;
- Os Sistemas ficam vinculados ao cumprimento dos objectivos quantitativos de recolha, em função das metas de reciclagem a que o país está obrigado por via da directiva de embalagens e resíduos de embalagens.

A primeira premissa resultou numa distribuição dos trinta sistemas em três tipologias diferentes, com base na área, quantidade de RU produzidos e densidade populacional, todas elas objecto de um sub-modelo próprio, comportando custos de operação específicos e resultando em valores de contrapartida diferentes. A segunda premissa induziu a elaboração de um modelo que simulasse uma realidade optimizada e não a situação efectiva dos sistemas de recolha de resíduos que laboram em Portugal. A terceira premissa visou responsabilizar e motivar os sistemas para o cumprimento dos objectivos propostos, sendo para tal necessário rentabilizar os meios disponíveis e optimizar e racionalizar a sua utilização (Deloitte, 2004).

Neste modelo foram definidos uma série de *inputs* de custo das operações de recolha selectiva, triagem, recolha indiferenciada e aterros, de forma a permitir o apuramento do valor de contrapartida por material.

O modelo de cálculo dos valores de contrapartida, assente nas tipologias e objectivação por sistema de gestão de resíduos, foi revisto em 2015 pelo Despacho 8376-C/2015, que estabelece o novo modelo de contrapartidas financeiras, que ao contrário do anterior, aplica valores padrão a todos os SMAUT. Este modelo de contrapartidas provisório, em vigor até ao estabelecimento do novo modelo de contrapartidas financeiras previsto no artigo 1º do Despacho 8376-C/2015 que se concretizou recentemente no novo pacote do SIGRE, assentava nas capitações de retoma dos materiais provenientes da recolha selectiva (kg/hab.ano) por patamares, o qual permitia premiar os SMAUT com melhores desempenhos *per capita*. O mecanismo de operacionalização do modelo foi estabelecido com base na estrutura apresentada na Figura II-5

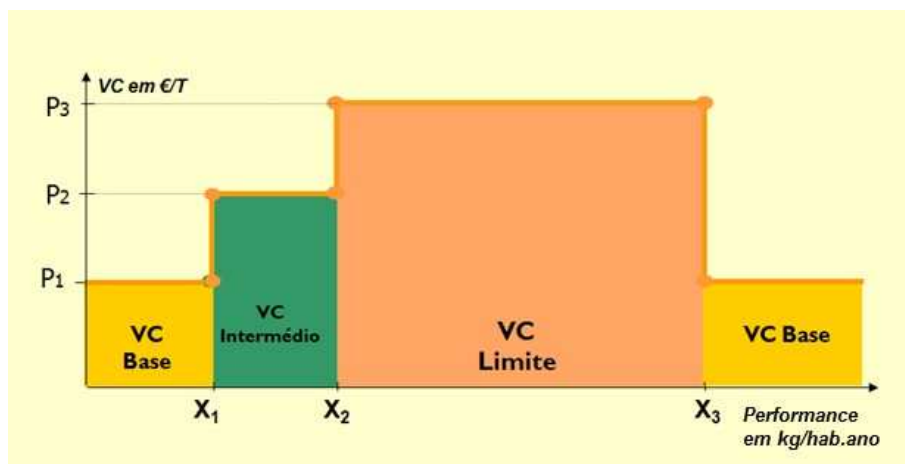


Figura II-5: Modelo transitório de cálculo dos valores de contrapartida (fonte: (SPV, 2009))

Em que os X_i representam os *per capita* de cada patamar e os P_i representam as contrapartidas financeiras correspondentes: X_1 corresponde à média de retoma dos SMAUT, aplicada a todo o território nacional em 2012; X_2 corresponde à interpolação linear entre X_1 e X_3 ; X_3 corresponde ao valor do mercado potencial de embalagens colocadas no mercado (determinado pela EMBOPAR – Embalagens de Portugal, S.A.).

No Despacho 8376-C/2015 são enunciados os seguintes princípios:

- a) A cobertura integral dos custos suportados, num cenário de eficiência (custos de capital e de exploração), deduzidos dos custos evitados na atividade de recolha indiferenciada;
- b) A promoção da eficácia, destacando-se o cumprimento dos objetivos definidos no PERSU 2020, não só para as metas de retoma da recolha seletiva, mas também para o contributo dos fluxos para a meta de preparação para reutilização e de reciclagem;
- c) A promoção da eficiência, ao nível da gestão dos SGRU, incluindo quer os aspetos de natureza técnica quer os de natureza económico-financeira.

Destes princípios resulta claro que para o estabelecimento ou revisão de qualquer modelo de cálculo de valores de contrapartida é necessário medir e monitorizar a implementação de medidas na gestão dos sistemas em baixa, através da definição de indicadores operacionais e financeiros para a recolha selectiva, cuja aplicação possa fornecer dados de suporte ao cálculo.

De facto, e ainda de acordo com o Despacho 8376-C/2015, qualquer metodologia de cálculo deve assentar, entre outros aspectos, no conhecimento dos “custos de capital e de exploração”, no “dimensionamento das infraestruturas, assente em princípios de eficiência e eficácia das operações de

gestão” e no “custeio das atividades de recolha e de triagem, com base em princípios de economia na utilização de recursos (...)”

II.4 RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS

II.4.1 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE RECOLHA

Os sistemas de gestão de resíduos existem desde os primórdios da civilização, sendo compatíveis com a sociedade onde se integram (Shekdar e Mistry, 2001). Neste capítulo pretende-se fazer uma descrição sintética da evolução dos sistemas de recolha, referindo os principais acontecimentos que marcaram esta evolução.

Para alguns historiadores, o problema dos resíduos começou quando se deu a transição do nomadismo para o sedentarismo, quando pessoas e resíduos começaram a concentrar-se nos mesmos espaços e a necessidade de os gerir tornou-se evidente pelos problemas de cheiros e riscos para a saúde.

À medida que as populações se foram aglomerando, a densidade populacional aumentou e os resíduos passaram a ser um problema, tornando-se a descarga directa na rua intolerável do ponto de vista higiénico e ambiental (Levy e Cabeças, 2006). Quando as áreas de habitação e a densidade populacional eram ainda pequenas, a capacidade de assimilação do ambiente envolvente era capaz de sustentar os impactes decorrentes dos sistemas de gestão de resíduos, que tinham por objectivo manter limpa a área circundante (Shekdar e Mistry, 2001).

Com a Revolução Industrial, a grande concentração de pessoas em cidades, primeiro na Europa e depois nos EUA, deu origem a problemas de acumulação de resíduos sem precedentes, desencadeando-se o início da “Idade do Saneamento” apenas na década de 1840 (Martinho, 1998). No final do Século XIX, princípio do Século XX, iniciou-se o desenvolvimento de muitos serviços municipais de saneamento, incluindo a recolha de resíduos domésticos e limpeza das ruas, ainda muito arcaicos, constituídos por uma carroça de tracção animal (Figura II-7 e II-8), onde as pessoas despejavam os seus resíduos aquando da sua passagem, assinalada por um toque de sineta (Levy e Cabeças, 2006). Contudo, os métodos de deposição continuavam a ser rudimentares, e a deposição indiscriminada em lixeiras a céu aberto era a prática mais frequente (Rhyner, 1995).



Figura II-6: Carro de tracção animal utilizado na recolha de RU em Lisboa, 1902 (CML)



Figura II-7: Carro de tracção animal utilizado na recolha de RU (Lopez, 2010)

De facto, a evolução da gestão de resíduos, desde a fase “do camião para a lixeira” até à dos sistemas altamente integrados, não se fez de um dia para o outro, nem sem custos extra (Martinho, 2006).

A eliminação foi amplamente considerada como uma solução para resolver os problemas de resíduos desde o início do século XIX, mas após a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável em 1987¹⁴, a recuperação de recursos com base na gestão sustentável dos resíduos foi introduzida como uma das prioridades fundamentais do desenvolvimento urbano (Zaman, 2014). A reciclagem, como opção técnica para a gestão de RU, começou a desenvolver-se nos finais dos anos sessenta, princípios dos anos setenta, em muitas cidades dos EUA, Canadá e nos países mais desenvolvidos do Centro e Norte da Europa, nomeadamente na Alemanha, Dinamarca e Holanda (Martinho, 1998). Primeiro surgiram os designados “buy-back centers” e depois rapidamente desenvolveram-se diversos esquemas de recolha selectiva porta-a-porta, sistemas colectivos e sistemas centralizados (Martinho, 1998). Nos anos 80 e 90 assiste-se a uma grande revolução científica e tecnológica no campo das tecnologias e práticas de gestão dos resíduos, acompanhada pela criação de novas empresas, e novos mercados de produtos e serviços (Martinho, 1998). Por volta da década de 1980, a empresa Filandesa Molok Oy, introduz pela primeira vez o conceito de sistema de recolha em profundidade, com os contentores semi-subterrâneos do tipo “molok” (Figura II-9) (Kaliampakos e Benardos, 2013).

¹⁴ O conceito de desenvolvimento sustentável, que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades, foi introduzido no relatório da WCED - *World Commission on Environment and Development* das Nações Unidas, “Our Common Future”, também conhecido por “Brundtland Report”.



Figura II-8: Representação esquemática de um contentor semi-subterrâneo (Molok, 2011).

Outros modelos seguiram este conceito, surgindo os contentores onde 100% da capacidade de armazenamento se encontra abaixo da cota do pavimento – os contentores subterrâneos, com diferentes mecanismos de funcionamento alimentação (mecânico, hidráulico, eléctrico ou mistos).

Paralelamente, embora desde há muitas décadas já existisse uma forte necessidade e interesse em minimizar os custos de transporte dos produtos pela rede distribuição, apenas no início dos anos 90 foram introduzidas as ferramentas que permitiam solucionar o problema de rotas de veículos (Rizzoli *et al.*, 2007) nos *softwares* de gestão, baseadas em Sistemas de Informação Geográfica, que puderam depois ser aplicadas à recolha de resíduos.

A evolução das tecnologias de gestão de resíduos e em particular dos sistemas de recolha tem sido estimulada pela necessidade de dar resposta às crescentes exigências decorrentes da evolução das políticas de gestão de resíduos, acompanhada por uma tendência no aumento da mecanização.

Mas para assegurar uma recolha mecanizada eficiente, deve ser utilizado um número limitado de tipos de contentores com um tamanho *standart*. Uma das primeiras exigências legais sobre os recipientes de deposição dos resíduos data de 7 de Março de 1884, promulgada pelo prefeito de Paris, M. Poubelle, que foi implementada em Lisboa apenas em 1951 (Levy e Cabeças, 2006). Inicialmente eram utilizados baldes metálicos, sem rodas, mas na década de 1960, para acomodar as quantidades crescentes de resíduos, foram desenvolvidos contentores metálicos maiores com rodas, com capacidades de 660, 770 e 1000 litros (Bilitewski *et al.*, 1994). A década de 1970 trouxe o desenvolvimento de contentores de plástico, em polietileno de baixa densidade, e de menores capacidades de 120, 240 e 360 litros (Bilitewski *et al.*, 1994). Para grandes quantidades de resíduos domésticos ou comerciais, desde 1975 que começaram a ser utilizados contentores metálicos de 2500 e 5000 litros (Bilitewski *et al.*, 1994).

Em relação às viaturas, com o desenvolvimento da indústria automóvel, foram efectuadas grandes melhorias na eficiência dos sistemas de recolha, passando os camiões (Figura II-9) a substituir as carroças (Levy e Cabeças, 2006).



(a)



(b)

Figura II-9: Camiões utilizados na recolha de RU, em Lisboa. (a) Camião Delahaye, 1910 e (b) Camião Fiat, 1945 (CML)

Antes das viaturas compactadoras serem desenvolvidas, utilizavam-se viaturas de caixa aberta e fechada, sem compactação, que embora sejam mais baratas (de adquirir e manter), são ineficientes para a maioria das necessidades da recolha, porque transportam uma quantidade relativamente pequena de resíduos, e os trabalhadores têm que elevar os contentores de resíduos para despejar o conteúdo dentro da viatura (O'Leary e Walsh, 1995). Este sistema evoluiu com a utilização de recipientes de deposição e o aparecimento dos camiões, que foram evoluindo em paralelo, surgindo os primeiros compactadores e elevadores hidráulicos, para otimizar a capacidade útil dos camiões e facilitar a operação de recolha, respectivamente.

As cubas de deposição e elevadores das viaturas de recolha têm que estar adaptados aos diferentes tipos e capacidades dos contentores, tendo sido desenvolvidos tremonhas “standart” que permitem a descarga de diferentes tipos de contentores com diferentes capacidades e dispositivos de engate ao elevador (Bilitewski *et al.*, 1994), assim como elevadores duplos (Figura II-10), compatíveis com a descarga de um contentor de maior capacidade (800 a 1100 l) ou de dois de menor capacidade (120 a 360 l).

Figura II-10: Pormenor da traseira de uma viatura compactadora da CML, com elevador duplo.



A utilização de sistemas mecânicos de elevação permitiu que a operação de baldeamento dos contentores na viatura deixasse de ser realizada pelos cantoneiros de recolha, permitindo que os trabalhadores utilizem mais a suas competências e menos força manual. A mecanização popularizou-se pela efectiva redução dos acidentes de trabalho, aumento da eficiência dos circuitos de recolha e redução dos custos (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). Esta evolução para sistemas cada vez mais automáticos tem sido contínua, no entanto, é ainda lenta devido aos elevados custos iniciais de investimento ou até à resistência dos utilizadores na adesão aos novos sistemas.

Actualmente, a recolha de resíduos é na maioria das cidades feita por camiões, que vão desde viaturas de caixa aberta velhas e mal mantidas para veículos de recolha altamente especializados com compactação dos resíduos e compartimentos para mais de um tipo de resíduos (Larsen *et al.*, 2009). A maioria das viaturas utilizam um sistema de compactação e elevação mecanizados, com elevadores (Figura II-11) e gruas hidráulicas, mas as tendências mais recentes na indústria das viaturas de recolha

incluem a automatização da operação, pela utilização de sistemas de elevação robotizados, controlados por apenas um operador como é o caso da recolha lateral (Figura II-12), onde a viatura tem um elevador robotizado que é accionado pelo motorista no interior da cabine através de um sistema vídeo, ou da recolha automatizada bilateral, onde uma grua robotizada é accionada pelo operador do interior da cabine e controlada através de um sistema de sensores, de forma automática, durante todo o ciclo da operação (Figura II-13).



Figura II-11: Camião Volvo utilizado na recolha de RU em Lisboa.



Figura II-12: Camião Farid utilizado em Sintra, durante a operação de recolha automática lateral.

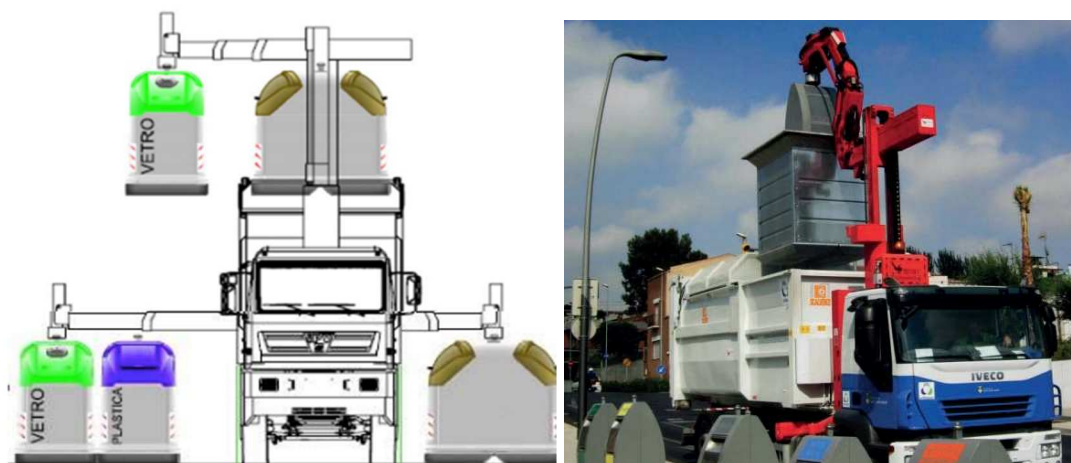


Figura II-13: Esquema e imagem da operação de recolha automática bilateral (Solim, 2016)

Verifica-se também uma tendência de aumento da utilização de equipamentos assistidos por computador e controlos electrónicos: algumas viaturas têm computadores de bordo para monitorizar o desempenho das operações de recolha e da viatura (O'Leary e Walsh, 1995), e sistemas RFID (identificação via radio frequência) nos contentores recolhidos, que podem ter sensores ópticos do nível de enchimento que são comunicados à consola instalada na viatura e/ou a uma central, via Internet, com a regularidade que se quiser (Figura II-14). Estes sistemas de monitorização em tempo real do serviço evitam paragens desnecessárias, uma vez que consoante o nível de enchimento, é o sistema que define automaticamente os pontos e rota de recolha.



Figura II-14: Sistema de monitorização do serviço de recolha em tempo real – exemplos de dispositivos que podem ser instalados na viatura e nos contentores (Costal, 2014)

Esta evolução na monitorização da operação de recolha tem permitido também o desenvolvimento de tecnologias de suporte à implementação de sistemas PAYT volumétricos ou baseados no peso. Os sistemas PAYT modernos começaram com o desenvolvimento de *transponders* de baixo custo, no início dos anos noventa, na Alemanha, onde a frequência de recolha, e portanto o volume recolhido, é determinado através de etiquetas autocolantes especiais aplicadas nos contentores ou códigos de barras, que identificam o utilizador (Figura II-15), sendo o peso ou volume medidos através de uma balança instalada no elevador ou através do sistema de radio-frequência (Bilitewski *et al.*, 1994).

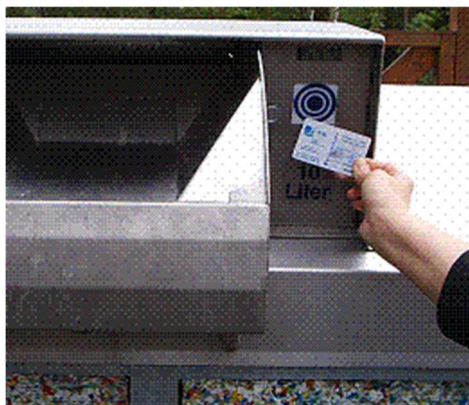


Figura II-15: Sistema PAYT - controle de acesso aos contentores (Vilatersana, 2010)

Existem ainda contentores com painéis solares para alimentar os dispositivos de compactação instalados, e contentores de grande dimensão, subterrâneos, com compactação, que têm um sensor da posição da placa de compactação, sendo enviada uma comunicação à viatura quando o nível de enchimento estipulado é atingido (Figura II-16).



Figura II-16: Contentor subterrâneo com compactação utilizado na recolha de RU em Abu Dhabi, 2010 (TNL, 2014)

Existem ainda sistemas de recolha especializados, mas menos utilizados, que não utilizam viaturas de recolha, como os sistemas pneumáticos de recolha a vacuum (Figura II-18 e Figura II-19). Estes sistemas surgiram em 1961 pela *Centralsug AB*, uma empresa especializada na construção e instalação de sistemas de aspiração central, que concebeu o primeiro sistema pneumático de gestão de resíduos no mundo (Figura II-17). Estes sistemas são predominantemente utilizados nas zonas urbanas com edifícios em altura, onde o ar pressurizado transporta os resíduos por tubos subterrâneos herméticos, a partir de uma série de entradas nos diferentes pontos de recolha até uma central de recolha (Bilitewski *et al.*, 1994; ENVAC, 2016a), como é o caso do sistema instalado no Parque Expo, em Lisboa (sistema

estacionário)(Figura II-18 e Figura II-19). Em vez da central, os resíduos também podem ser extraídos de depósitos subterrâneos, de forma pneumática, para viaturas de recolha (sistema móvel).

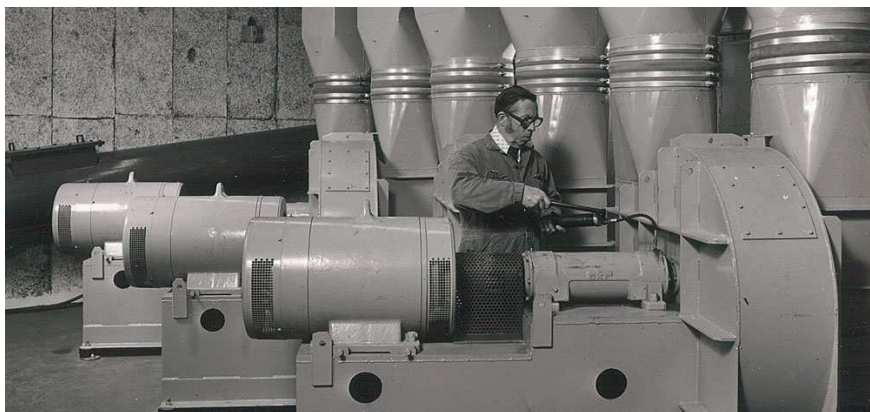


Figura II-17: Estação de recolha centralizada instalada pela Centralsug AB, em Kista, na Suécia, na década de sessenta (ENVAC, 2016a).

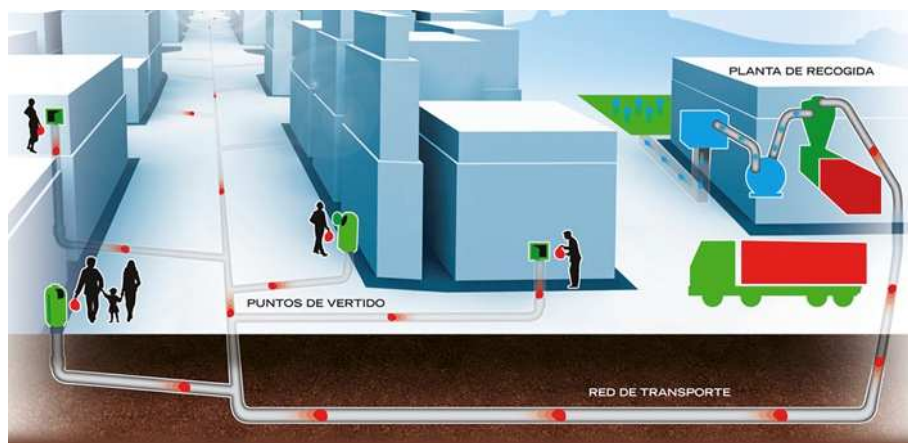


Figura II-18: Representação esquemática de um sistema de recolha pneumático (Rosroca, 2014a)



Figura II-19: Sistema de recolha pneumático instalado em Lisboa, em 1998 (ENVAC, 2016b)

Outro exemplo de sistemas que não utilizam viaturas de recolha são os sistemas que utilizam trituradores eléctricos instalados sob os lava-loiças, que reduzem a dimensão dos resíduos a menos

de 2 mm, antes de entrarem no sistema de esgotos. Este sistema, colocado no mercado nos anos 30 e 40 e actualmente ainda muito comum nos EUA, não teve muita aceitação na Europa (Bilitewski *et al.*, 1994), considerando a elevada carga orgânica que introduz no sistema de saneamento.

(Martinho, 1998) sistematizou as principais inovações e linhas de desenvolvimento científico e tecnológico na área dos resíduos, que se mantém actual, destacando, para a recolha e transferência de resíduos as seguintes:

- Desenvolvimentos mecânicos, electrónicos, informáticos, ergonómicos, telemáticos e design de uma grande gama de máquinas e viaturas destinadas aos vários tipos de recolha e transferência de resíduos;
- Desenvolvimento e aplicação de técnicas de análise de sistemas, investigação operacional, simulação, modelação, frequências de rádio e sistemas de informação geográfica para o planeamento e optimização dos circuitos de recolha;
- Criação de instalações e equipamentos específicos para as estações de transferência.

II.4.2 PLANEAMENTO E OPTIMIZAÇÃO DO SERVIÇO DE RECOLHA

A oportunidade de influenciar o sucesso de um sistema de recolha selectiva está no início do processo de gestão de RU. As decisões sobre como os residentes devem preparar os resíduos para a deposição nos recipientes apropriados e que métodos de recolha são utilizados devem ser coordenadas para atingir um sistema eficiente e eficaz (O'Leary e Walsh, 1995). De facto, o tipo de contentores, dimensão e combinações assim como a frequência de recolha irá influenciar a composição dos RU assim como a quantidade e qualidade dos resíduos recicláveis recolhidos separadamente (Bilitewski *et al.*, 1994).

A implementação de melhorias nos sistemas de recolha de RU em países desenvolvidos pode ser conseguida de duas formas: ou é melhorada a relação custo-eficiência e desempenho dos sistemas de recolha que utilizam veículos, ou são implementadas novas formas de lidar com a recolha de RU (Teerioja, *et al.*, 2012). Antes de avançar para qualquer optimização no planeamento das rotas de recolha (Bilitewski *et al.*, 1994) considera que devem ser considerados os seguintes factores:

- Quantidade de resíduos a recolher efectivamente em toda a área de recolha e em cada ponto de recolha;
- Padrões de desenvolvimento regional na área de recolha;
- Padrões de tráfego e distâncias de transporte das rotas de recolha;
- Sistema de contentores utilizado;
- Eficiência das viaturas de recolha usadas.

O'Leary e Walsh (1995) definiram 11 fases para o desenvolvimento ou alteração de um sistema de recolha de resíduos, nomeadamente:

1. Definir metas comunitárias e constrangimentos;
2. Caracterizar a geração de resíduos e área de serviço;
3. Avaliar as opções dos modelos de recolha público e privado e de transferência;
4. Determinar estrutura de financiamento do sistema;
5. Identificar os procedimentos de preparação e recolha de resíduos;
6. Identificar os requisitos para os equipamentos de recolha e tamanho da equipa;
7. Avaliar as necessidades e opções de transferência;
8. Avaliar alternativas de recolha e de transferência;
9. Desenvolver circuitos de recolha e horários;
10. Implementar o sistema de recolha;

11. Monitorizar o desempenho do sistema; ajustar conforme necessário.

Bilitewski *et al.* (1994) também se debruçou sobre os factores a serem considerados para a implementação eficiente e otimizada e organização da recolha de RU, nomeadamente:

- Dimensão da área de recolha;
- Estrutura económica da área;
- Modos de vida das zonas residenciais;
- Regulamentos legais locais;
- Necessidades dos utentes;
- Escolha do sistema de recolha apropriado.

Das fases e factores acima listados, a escolha do sistema de recolha apropriado, identificando os requisitos para os equipamentos de recolha e tamanho da equipa, depende do processo de tomada de decisão das entidades gestoras: a implementação de um serviço de recolha começa, obviamente, pela correcta selecção e dimensionamento do sistema de recolha que servirá uma dada área. Bastará que o sistema seleccionado ou cobertura instalada não sejam adequados às características sócio-demográficas da zona a servir para que o potencial de optimização fique condicionado. É sobre esta fase que o presente trabalho de investigação se debruçou, sendo detalhado no capítulo II.5.2 os critérios a considerar na selecção de um sistema de recolha.

O presente capítulo faz uma abordagem resumida sobre os métodos e ferramentas existentes para a definição e optimização de circuitos¹⁵ de recolha, isto é, sobre a fase que se segue à selecção e instalação do sistema de recolha, nomeadamente a definição da sequência de recolha e da rota¹⁶ a utilizar.

O problema da optimização de circuitos de recolha de RU é fundamental para se conseguir a sustentabilidade económica, social e ambiental destes sistemas, mas não tem uma solução única e exacta, e envolve uma complexidade muito maior que o problema típico do caixeiro-viajante da investigação operacional¹⁷ (Carvalho M. M., 2008). As variações nas quantidades de resíduos produzidos, nomeadamente as sazonais, o número e absentismo dos trabalhadores, os diferentes tipos de veículos e contentores de recolha, as diferentes condições das vias de acesso e condicionantes de trânsito, entre outras variáveis, contribuem para a incrível complexidade de um problema de optimização de circuitos de recolha.

Considera-se que os circuitos são equilibrados quando as equipas de recolha ocupam aproximadamente o mesmo tempo a realizar o trabalho produtivo, isto é, sem tempos significativos de horas extraordinárias ou horas a menos que as de um dia normal de trabalho. Para além de equilibrados, os circuitos devem estar optimizados, sendo que o objectivo mais frequente do algoritmo de resolução do problema ser a minimização dos custos de transporte, definido em função do tempo

¹⁵ Um circuito de recolha é definido, no âmbito deste estudo, como o conjunto dos pontos de recolha e respectivas características (ex. capacidade a recolher), a sequência de recolha e o percurso percorrido pela viatura na recolha de todos os pontos definidos, deste a saída do parque de viaturas até ao regresso da viatura ao parque, percurso este designado por "rota".

¹⁶ A rota constitui o percurso da rede viária percorrido por uma dada viatura para recolher os pontos que constituem um dado circuito de recolha.

¹⁷ De acordo com este problema, o caixeiro-viajante deve visitar, apenas uma vez, todos os pontos de que lhe são atribuídos, escolhendo, para isso, o percurso mais curto entre eles (Karadimas, Papatzelou e Loumos, 2007)

ou da distância percorrida pela viatura. Circuitos otimizados envolvem assim uma redução dos custos e também dos impactes ambientais, pois possibilitam uma redução no número de veículos a utilizar, o que pouparia os custos associados a esses veículos e aos seus motoristas e equipas, e de consumo de combustível, que resulta consequentemente num decréscimo das emissões para a atmosfera (Martinho e Gonçalves, 2000; Rizzoli *et al.*, 2007).

Como a distância da área de recolha para o ponto de descarga, estação de transferência, aterros, incineradores ou estação de tratamento, pode variar significativamente de cidade para cidade e para diferentes fracções de resíduos recolhidos separadamente, deve-se distinguir a recolha real (efectiva) do transporte de resíduos (Larsen *et al.*, 2009). A definição do momento em que a viatura deve deslocar-se para a estação de tratamento para descarga não é, obrigatoriamente, definido pelo momento em que a mesma atingiu a sua capacidade máxima de armazenamento, uma vez que depende das distâncias e tempos de transporte, que devem ser otimizados.

A Figura II-20 apresenta o modelo conceptual desenvolvido por (Larsen *et al.*, 2009) para representar a recolha e transporte de resíduos no caso em que o veículo de recolha descarrega duas vezes a carga antes de regressar à garagem, onde “recolha” é definida pelo percurso desde o primeiro ponto ao último ponto do circuito de recolha. Todas as outras distâncias são definidas como “transporte” de resíduos, que é definido como a condução da viatura vazia da garagem para o início do circuito de recolha (A), a condução da viatura cheia do último ponto da rota de recolha para o ponto de descarga (B), e de condução da viatura vazia a partir desse ponto, quer de volta à garagem (C) ou para uma nova área de recolha (B), se mais do que uma área é servida no mesmo dia (Larsen *et al.*, 2009).

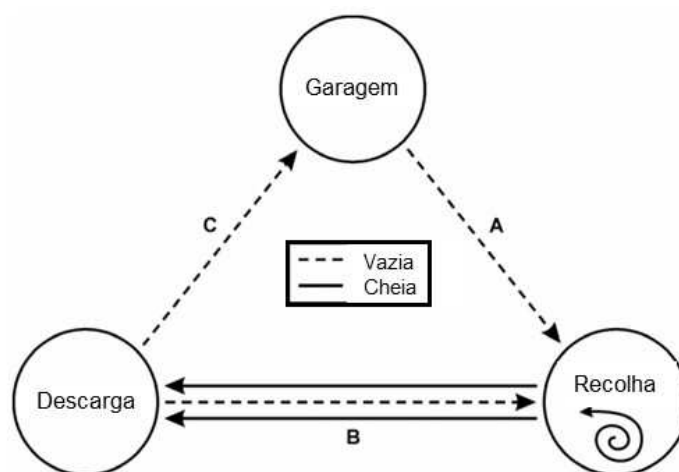


Figura II-20: Fases dos circuitos de recolha (adaptado de (Larsen *et al.*, 2009))

Adoptando uma abordagem mais pormenorizada nas diferentes fases de um circuito de recolha de resíduos com contentores fixos, (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993) dividiu a sequência das operações de recolha em cinco operações unitárias:

- Tempo ou distância de e para a garagem – trata-se do tempo ou da distância que a viatura percorre da garagem até ao primeiro ponto de recolha, mais a que percorre do local de deposição (do último frete) até à garagem, quando finaliza a recolha;
- Tempo ou distância efectiva de recolha – trata-se do tempo ou distância que o veículo demora a encher a sua caixa (*i.e.* a esvaziar os contentores e a deslocar-se para os seguintes), desde o primeiro ponto de recolha até ao último ponto do frete;
- Tempo ou distância de transporte – trata-se do tempo ou da distância percorrida pela viatura desde o último ponto de recolha, quando o veículo atinge a sua capacidade máxima, até ao

local de esvaziamento da sua carga; consoante as características do circuito e a capacidade da viatura pode ser necessário o regresso ao circuito para continuar a recolha de resíduos, ou seja, um circuito pode realizar-se num único frete ou em mais do que um frete;

- Tempo e distância no local de deposição – trata-se do tempo ou distância necessária ao esvaziamento da carga do veículo, no local de deposição da sua carga (*i.e.* estação de transferência, estação de triagem, compostagem, incineradora ou aterro sanitário);
- Tempo e distância fora do circuito (ou não produtivo) – nesta categoria incluem-se os tempos ou distâncias não produtivos mas necessários, por exemplo, tempos perdidos no trânsito, no preenchimento de fichas de serviço ou no almoço, e os tempos não produtivos e desnecessários como, por exemplo, tempos abusivos no almoço ou cafés.

Nguyen e Wilson (2010) divide os circuitos de recolha em sete fases, incluindo a preparação inicial na garagem, a deslocação para o primeiro ponto de recolha, a recolha na área a servir do primeiro ao último ponto, a deslocação para a estação de tratamento (ET), o tempo na ET, a deslocação para a garagem e finalmente a lavagem das viaturas (Figura II-21). Destaca-se como a maior diferença a inclusão da fase de preparação da equipa e meios para iniciar o circuito e a fase de lavagem da viatura, no final, cuja inclusão depende, naturalmente, dos objectivos da entidade gestora na monitorização do serviço.

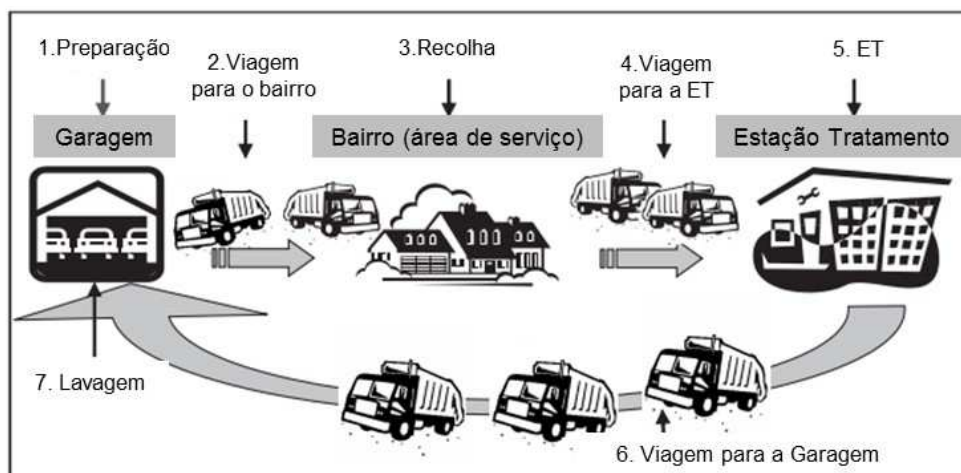


Figura II-21 – Fases do circuito de recolha de uma volta (adaptado de (Nguyen e Wilson, 2010))

Na recolha de resíduos utilizando contentores e sacos normalizados, os circuitos de recolha são ainda muito baseados na experiência, isto é, em observações empíricas, sendo um dado número de contentores agrupados geograficamente numa mesma rota ou circuito de recolha com o objectivo de obter uma divisão equilibrada do serviço pelas equipas disponíveis (Bilitewski *et al.*, 1994). Os circuitos de recolha são desenhados com métodos heurísticos¹⁸ e aplicando uma análise “micro-routing”¹⁹. Este

¹⁸ A abordagem heurística utiliza um procedimento manual para desenvolver rotas de recolha aceitáveis sem examinar muitas alternativas possíveis, de forma mais fácil, rápida e mais flexível que os modelos determinísticos, que usam modelos matemáticos (Shuster e Schur, 1974).

¹⁹ A análise de circuitos “micro-routing” analisa em detalhe a área de serviço de recolha diária para determinar o percurso que a viatura deve seguir, com o objectivo de minimizar as distâncias “mortas” (*i.e.* os segmentos de via que não têm serviço ou que são utilizados mais do que uma vez), inversões de marcha, viragens à esquerda, utilização de vias em horas de tráfego elevado, entre outros. (Shuster e Schur, 1974).

processo relativamente simples de planejar os circuitos é vantajoso, porque as alterações de tráfego ou no número de contentores não requer nenhuma resposta administrativa (Bilitewski *et al.*, 1994).

Para uma optimização “macro”, recorre-se aos sistemas de informação geográfica (SIG) e *softwares* de optimização, que desde 2000 são utilizados para reduzir as distâncias percorridas nos circuitos (Sanjeevi e Shahabudeen, 2016; Hashimotoa, 2006). Estes métodos baseados em *softwares* de optimização de circuitos, onde os modelos matemáticos associados a ferramentas de SIG definem as rotas de recolha de RU e a sua calendarização (Arribas, Blazquez e Lamas, 2010), podem resultar em ganhos de 15 a 20% no tempo e distância percorrida, no entanto, o esforço e custo da recolha e manutenção dos dados necessários devem ser tidos em consideração (Bilitewski *et al.*, 1994). O objectivo final é a redução das distâncias e tempo de recolha, para a mesma quantidade de resíduos, mas a qualidade dos resultados devolvidos por estes *softwares* depende da qualidade dos dados de base inseridos, sendo geralmente muito exigentes, tal como já foi referido.

Mais recentemente, têm sido utilizadas inúmeras aplicações tecnológicas de SIG, para resolver problemas de concepção dos sistemas de recolha de RU e outros problemas relacionados com a recolha de resíduos, tais como a localização, o transporte e a instalação.

Qualquer método tem que considerar os tipos de resíduos a recolher e respectivas frequências de recolha: para resíduos recicláveis “secos”, como o vidro e papel, os únicos factores determinantes são as capacidades dos contentores e as quantidades de material a recolher; mas para fluxos de resíduos contendo resíduos orgânicos, a frequência deve ser reduzida, especialmente em países com climas mais quentes, onde a frequência de recolha é ditada pelas condições de salubridade, independentemente do sistema de recolha usado (Bilitewski *et al.*, 1994).

II.5 CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE RECOLHA

II.5.1 SISTEMA DE RECOLHA – DEFINIÇÃO

Um sistema pode ser considerado como um conjunto de subsistemas, que interagem uns com os outros de várias formas, pelo que as propriedades de um sistema são definidas pelo conjunto dos subsistemas, suas características e as suas relações (Chang, Pires e Martinho, 2011).

De facto, os sistemas de gestão de resíduos são geralmente divididos em sub-sistemas durante a análise e *design* dos mesmos (Ordoñez *et al.*, 2015). A abordagem convencional da gestão de resíduos é que a produção de resíduos, recolha e deposição são sistemas, que são planeados como operações independentes, no entanto, os três estão intimamente interligados e cada componente pode influenciar a outra (Seadon, 2010).

A recolha de resíduos é a parte inicial de um sistema de gestão de resíduos, mas pode ser considerada como um sub-sistema e, portanto, pode ser estudado independentemente (Gallardo *et al.*, 2011). De facto, (Hogg, 2001) refere que a recolha de resíduos deve ser considerada como um sistema: o que acontece numa parte deste sistema afecta não apenas o que acontece no tratamento, mas também, outras componentes da recolha de resíduos. A forma como as componentes deste sistema interagem umas com as outras e com o sistema de fundo, composto pelos produtores de resíduos e infra-estruturas da cidade, irá ditar a sua eficiência e interação com a mobilidade da cidade.

Concretizando, os sistemas de recolha têm de ser atraentes, disponíveis e seguros para os cidadãos; o seu planeamento precisa de evitar os períodos de tráfego elevado e o local onde os contentores são

instalados depende da infra-estrutura da cidade, do pavimento e pendentes das ruas, para citar alguns exemplos. O diagrama apresentado na Figura II-22 pretende destacar esta complexidade.

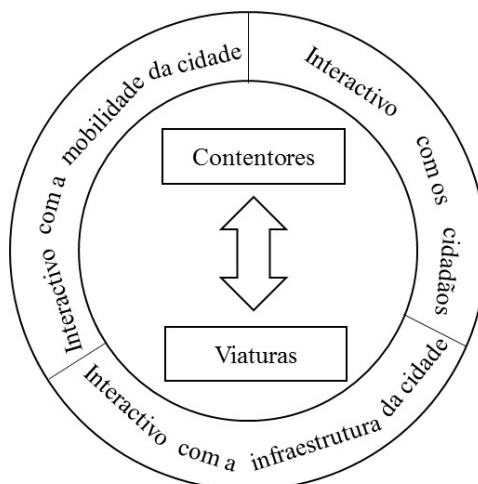


Figura II-22 – O sistema de recolha e principais interações

Considerando a influência das variáveis externas (ou de contexto) no desempenho dos sistemas de recolha de resíduos, estas teriam que ser isoladas, para tornar possível uma comparação o mais objectiva possível dos diversos sistemas. Contudo, o isolamento total dos factores de contexto não é possível, uma vez que os sistemas estão integrados numa complexa rede de interações. Não há nenhuma maneira simples de compreender os custos dos sistemas de recolha sem ser no contexto local em que se aplicam (Hage, 2008). Esta é talvez uma explicação, tanto quanto é uma consequência, para a variedade de abordagens de recolha adoptadas nos Estados Membros da UE (Hage, 2008).

A definição de sistema de recolha resulta da definição de recolha de resíduos já detalhada no capítulo II.2.3, que começa com o enchimento dos contentores e termina com a descarga das viaturas de recolha. O sistema de recolha de RU decompõe-se assim em três operações: a deposição, que consiste no conjunto de operações que envolvem a armazenagem domiciliária de RU e a sua colocação em recipientes para serem removidos; a operação de remoção, efectuada por pessoal e equipamento adequado para esse fim, mediante a transferência dos RU para as viaturas de recolha; e o transporte, que corresponde à distância que a viatura de recolha efectua entre o último ponto de recolha dos resíduos e o local do seu destino (Martinho e Gonçalves, 2000). Um sistema de recolha é assim definido como uma combinação de tecnologia e mão-de-obra, e caracterizado especificamente pelo método de recolha, o sistema de contentorização, as viaturas e o pessoal (Bilitewski *et al.*, 1994).

II.5.2 FACTORES DETERMINANTES NA SELECÇÃO DE UM SISTEMA DE RECOLHA

Como já foi referido, a identificação, avaliação e implementação das diferentes opções num sistema de recolha de resíduos é a fase mais importante do sistema integrado de gestão de resíduos, uma vez que se estima que 50 a 70% de todos os gastos nos sistemas integrados de gestão de resíduos sólidos sejam na recolha (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). Bilitewski, *et al.* (1994) identifica a escolha do sistema de recolha adequado como um dos factores para a implementação eficiente e optimizada da recolha de resíduos, mas como é que essa escolha é suportada?

De acordo com o mesmo autor, a selecção de um sistema de recolha selectiva apropriado depende da composição dos resíduos, do sistema de recolha existente, do sistema de preparação e eliminação de

resíduos, da disposição da população a aderir e pagar, das oportunidades de processamento e das oportunidades de marketing existentes. Lechner (2004) definiu ainda a distância para os centros de recolha, a simplicidade, a facilidade de utilização e compreensão de um sistema, a facilidade na movimentação de contentores, em evitar o mau cheiro e parasitas e o design (e.g. cores, arranjo) como pré-requisitos importantes de um sistema de recolha de resíduos. A distribuição territorial da população e as condicionantes urbanísticas devem também ser consideradas na selecção de um sistema de recolha, nomeadamente a densidade da população, as zonas pedonais, a largura das ruas, a existência de zonas residenciais, entre outras (Satué, 2000). Nesta fase, mais do que em qualquer outra do sistema de gestão, deve-se perceber a natureza das operações e variáveis operacionais, especialmente aquelas que são influenciadas por alterações legais (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). De facto, o estudo conduzido por Scharff e Vogel (1994), que compararam os sistemas de recolha de resíduos em oito das mais importantes capitais europeias, conclui que as características específicas de cada cidade e as diferentes políticas de gestão são as principais causas das diferenças entre os sistemas empregados.

Concluindo, a gestão da recolha de resíduos está relacionada com múltiplas questões, essencialmente relacionadas com os diversos equipamentos utilizados, a eficiência de trabalho e com os níveis de satisfação do cliente: frequência de recolha e localização dos contentores (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

No que respeita aos equipamentos, o conjunto contentor e veículo é uma das primeiras decisões que os técnicos responsáveis pelo planeamento e gestão de resíduos têm que enfrentar, e um dos meios possíveis para aumentar a atividade de separação, aumentando o padrão de serviço de contentores e do sistema de recolha (Tanskanen e Melanen, 1999). De facto, um dos factores relatados por Dahlén e Lagerkvist (2010b), como tendo uma influência direta na composição dos resíduos domésticos é o tipo de contentor e/ou saco utilizado e a funcionalidade e atractividade dos pontos de recolha. Vijay *et al.*, (2008) realizaram estudos centrados no problema da localização dos pontos de recolha e sua capacidade de armazenamento, e Kaliampakos e Benardos (2013), destacam a utilização do espaço subterrâneo para o desenvolvimento de infra-estruturas capazes de abordar de forma mais eficiente as limitações dos sistemas de gestão de resíduos existentes. Petersen e Berg (2004) concluíram que a concepção e dimensionamento de contentores pode ser optimizado usando os valores para o peso específico, também necessário nos algoritmos de *software* de optimização de circuitos de recolha, que, quando relacionada com o tempo de recolha para cada recolha e descarga, pode avaliar o desempenho do sistema de recolha (Rodrigues, Martinho e Pires, 2013).

A decisão de instalar um determinado sistema de recolha influencia a cadeia de elementos ligados no processo de gestão de resíduos como, por exemplo, a concepção dos sistemas de elevação das viaturas, que tem que ser planeado em conformidade (Pieber, 2004). Os recipientes de armazenamento de resíduos devem ser concebidos e mantidos de modo a fornecer um acesso seguro e fácil tanto para o produtor como para a equipa de recolha, e a sua selecção deve ser coordenada com os tipos de veículos de recolha (ISWA, 2007; Rhyner *et al.*, 1995). Por outro lado, as limitações de financiamento de capital podem exigir o desenvolvimento de uma estratégia provisória focada na utilização dos equipamentos existentes (Rhyner *et al.*, 1995), portanto, seleccionar o tipo adequado de recipiente e veículo, adaptados às necessidades específicas do serviço de recolha e da comunidade a servir, à taxa de produção de resíduos e ao espaço público livre existente é crítico.

De uma forma genérica, para (Pferdehirt, O'Leary e Walsh, 1993), uma estratégia de recolha integrada de resíduos deve incorporar os seguintes objectivos:

- O sistema deve fornecer níveis adequados de serviço, estabelecidos para ir de encontro às necessidades políticas, regulamentares, de saneamento e de ambiente;
- O sistema deve tentar atingir os mais baixos custos possíveis;

- O sistema deve desenvolver parcerias locais entre os sectores público e privado;
- O sistema deve ser flexível para permitir responder a necessidades de mudança;
- O sistema deve suportar políticas de redução dos resíduos produzidos.

A Internacional Solid Waste Association (ISWA) também analisou os principais objectivos a cumprir, apoiando a criação de sistemas e serviços de recolha de resíduos que (ISWA, 2007):

- Sejam seguros, convenientes, confiáveis e eficientes,
- Sejam económicos,
- Protejam a saúde humana e o ambiente
- Traduzam a melhor em tecnologia e práticas,
- Prescrevam os padrões estabelecidos de serviço, desempenho e satisfação do cliente, e
- Forneçam a divulgação completa de custos e receitas associados ao serviço.

Em particular, no que respeita à mecanização e automatização dos sistemas de recolha, a selecção das opções disponíveis envolvem os seguintes factores (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993):

- Atingir as metas legais de reciclagem;
- Envolver as entidades/agências públicas e privadas nas operações de recolha;
- Evolução tecnológica na mecanização;
- Organizações laborais (sindicatos);
- Financiar a aquisição do equipamento de recolha.

Em relação ao primeiro factor, verifica-se que as metas de reciclagem e a eficiência dos circuitos de recolha estão geralmente em conflito. A reciclagem necessita de material limpo, sem contaminantes, obrigando a uma recolha selectiva e armazenamento segregados, diminuindo assim a eficiência da recolha indiferenciada de resíduos, sem separação. Este conflito deve ser identificado e gerido através de opções de recolha eficientes e políticas públicas claras, definido-se incentivos à recolha selectiva e aumentando as tarifas do serviço de recolha, nomeadamente (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993):

- a) O serviço de recolha pode ser garantido por entidades públicas ou privadas, podendo estas últimas ter uma capacidade de financiamento importante na resolução de problemas relacionados com a melhoria do sistema de gestão de resíduos;
- b) As preocupações de gestão na mecanização da recolha prendem-se sobretudo com a adaptabilidade dos novos contentores às necessidades do utilizador e com a preparação dos trabalhadores para o novo sistema; estas preocupações devem ser inicialmente analisadas em testes, seleccionando-se um dado circuito piloto e avaliando-se variáveis como os tempos de baldeamento, capacidades, custos e adesão dos utentes;
- c) No sector dos resíduos são frequentes os contratos colectivos de trabalho e organizações de sindicatos; a mecanização e modernização dos sistemas de recolha leva à utilização de menor mão-de-obra, pelo que é importante a comunicação com os sindicatos envolvendo-os na avaliação e teste dos sistemas de recolha, na formação dos trabalhadores na utilização do novo sistema, no ajuste dos ordenados de forma a reconhecer o aumento das valências e eficiência dos trabalhadores que receberam formação e na redução da força de trabalho pela reafectação, em vez de despedimentos;
- d) O financiamento da aquisição do equipamento para o novo sistema a implementar obriga à selecção de um método de financiamento que se adapte à capacidade dos utentes de pagar (considerando que o sistema de gestão de resíduos deve ser suportado pelos utentes); muitos projectos de modernização de sistemas de recolha foram inviabilizados pela falta de financiamento, que é geralmente obtido através do orçamento municipal ou através de empréstimos, sendo o *leasing* uma alternativa; a aquisição do novo equipamento em fases e a utilização do equipamento

antigo até que o mesmo seja amortizado ou através do pagamento simultâneo parcelar do equipamento novo e antigo devem ser também consideradas.

Especificamente em relação às tecnologias e equipamentos utilizados, e em particular em relação às viaturas, um objectivo importante na selecção de uma viatura é maximizar a quantidade de resíduos que podem ser recolhidos cumprindo com os pesos máximos legais, pelo que na selecção dos chassis e carrocerias, que podem ser adquiridos em separado, os municípios devem considerar os regulamentos relativos à dimensão e peso das viaturas (O'Leary e Walsh, 1995). As viaturas mecanizadas são seleccionadas para reduzir o tempo de recolha dos contentores e o número de requisitos necessários, devendo ser consultados os motoristas e cantoneiros de recolha, que estão familiarizados com o equipamento (O'Leary e Walsh, 1995). O'Leary e Walsh (1995) definiram os seguintes factores a considerar na selecção das viaturas de recolha de RU:

- Local de carga da viatura de recolha (lateral, traseira ou frontal) e mecanismos de elevação e carga utilizados, considerando a relação com o trabalho realizado pela equipa;
- Capacidade da viatura: para seleccionar a capacidade óptima para uma dada comunidade, deve-se avaliar o melhor *tradeoff* entre custos de mão-de-obra e de equipamento, uma vez que viaturas de maiores dimensões podem ter custos de investimento, operação e manutenção mais elevados; a capacidade deve estar relacionada com a quantidade de resíduos recolhidos em cada circuito; idealmente, a capacidade deve ser múltiplo do número de cargas cheias; a velocidade da operação de carga/descarga e método de recolha, a largura das vias e limites de peso, o tempo de transporte até ao ponto de descarga e os custos de mão-de-obra e de capital são também indicados para esta avaliação;
- Selecção do chassis: apesar da maioria dos chassis utilizados nas viaturas de recolha serem semelhantes, os mesmos devem ser largos o suficiente para suportar o corpo de recolha cheio com resíduos; a largura das vias e limitações de peso também devem ser consideradas, assim como as emissões de poluentes e regulamentos; as características que devem cumprir para suportar a exigência de utilização a que vão ser sujeitos (velocidades baixas, com paragens e arranques frequentes, tráfego e cargas pesadas) são as seguintes: motor de alto binário, distribuição de peso equilibrada, bons travões, boa visibilidade, transmissão adequada a serviço pesado, e boa direcção;
- Altura de carga: quanto mais baixa é a altura de carga mais facilmente se colocam os resíduos na viatura, evitando-se tempos de carga maiores, fadiga e lesões da equipa (assumindo intervenção manual);
- Mecanismos de carga e descarga da viatura: estes mecanismos devem ser considerados quando se pretendem minimizar os custos de mão-de-obra em relação aos custos de capital; para os mecanismos de carga as variáveis a considerar, para além do custo de mão-de-obra, são o tempo de recolha, a interferência de obstruções em altura que condicionem o uso destes mecanismos (como linhas aéreas de telefones e electricidade), e o peso dos contentores; para os mecanismos de descarga da viatura deve-se considerar a altura total da viatura na posição de descarga (quando a descarga é feita dentro de um edifício) e a fiabilidade e requisitos de manutenção dos sistemas hidráulicos de descarga;
- Raio de curvatura da viatura: o raio de curvatura deve ser o menor possível, especialmente quando o circuito inclui inversões de marcha;
- Estanquicidade: o corpo da viatura deve ser estanque para evitar a saída de lixiviados;
- Segurança e conforto: as viaturas devem ter dispositivos de segurança associados ao compactador e ser fáceis de operar, devem ter o aviso sonoro audível de marcha atrás e devem ter boas plataformas e pegadas para que os cantoneiros possam andar com segurança; a cabine deve ter espaço para toda a equipa, e devem ser fornecidos suportes para ferramentas e outros equipamentos; as viaturas maiores, com visibilidade limitada parte traseira devem ter um sistema vídeo com câmara e monitor na cabine;

- Velocidade: as viaturas devem ter um bom desempenho a qualquer velocidade, pelo que as variáveis a considerar são a distância ao local de descarga, as densidades populacionais e de tráfego da zona a servir, e as condições e limites de velocidade das vias que serão utilizadas;
- Adaptabilidade a outros usos: os municípios podem querer usar as viaturas para outros fins.

Em relação aos contentores, muitos municípios emitem regulamentos que exigem o uso de certos tipos de recipientes de armazenamento de resíduos. Por exemplo, podem exigir que os moradores comprem sacos pré-pagos ou autocolantes para cobrar pelo serviço ou, em alternativa, cobram taxas diferentes para diferentes tamanhos recipientes. Os critérios mais importantes na selecção de contentores são (O'Leary e Walsh, 1995):

- Os recipientes devem ser funcionais para a quantidade e os tipos de materiais que irão armazenar;
- Os recipientes devem ser compatíveis com os veículos de recolha utilizados; quando são usados sistemas de recolha automática ou semi-automáticas, os contentores devem ser especificamente concebidos para serem recolhidos pelos mecanismos de carga montados nas viaturas;
- Os recipientes devem ser duráveis, fáceis de manusear, e económicos, bem como resistentes à corrosão, ao clima e aos animais.

Os relatórios da ISWA (ISWA WGCTT, 2004; Kogler, 2007; Kaliampakos e Bernardos, 2013) e a norma técnica relativa aos resíduos (ISWA, 2007) apresentam informações úteis sobre as tendências, exigências e critérios de comparação de sistemas de recolha de resíduos: o relatório da ISWA de 2004 descreve o desenvolvimento de sistemas de recolha em diferentes países e apresenta recomendações para o futuro; em Kogler (2007), os sistemas "tradicionais" e sistemas de recolha "alternativos" são apresentados e comparados usando critérios quantificáveis (*i.e.* ruído, custos, carga de tráfego, segurança para os trabalhadores) e não quantificáveis (*i.e.* odor desagradável, de higiene); no relatório de Kaliampakos e Bernardos (2013) são analisadas as tendências e as questões futuras das soluções subterrâneas de gestão de resíduos, capitalizando sobre as suas vantagens comparativas, identificando as suas características operacionais e fornecendo informações a respeito dos seus dados de custo e aplicabilidade, através de casos de estudos seleccionados. Finalmente, a norma técnica N.º 5 da ISWA (ISWA, 2007) recomenda que os serviços de recolha sejam fornecidos por tecnologias e sistemas automáticos e mecânicos, economicamente e ambientalmente saudáveis, quando estes sistemas são viáveis, práticos e mais rentáveis.

Para concluir, importa realçar que a eleição de um sistema deve fazer-se de forma integrada para todos os fluxos de resíduos, para procurar sinergias, questão que é muito importante em entidades de menor dimensão (Satué, 2000). Independentemente do sistema seleccionado, os objectivos gerais são uma remoção de resíduos segura e eficiente, e a garantia dos padrões de saúde e das necessidades públicas e privadas (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010).

II.5.3 CLASSIFICAÇÕES EXISTENTES – EQUIPAMENTOS E TECNOLOGIAS

II.5.3.1 ENQUADRAMENTO

As exigentes metas para a recolha estabelecidas pela UE aumentaram a complexidade e custos totais de gestão de RU - dividir a massa total de resíduos em fluxos de resíduos separados resulta num aumento do número de elementos funcionais e interdependência dos sistemas de gestão de resíduos, aumentando o número de contentores e a quantidade de trabalho de recolha (Tanskanen e Melanen, 1999). Simultaneamente, os equipamentos utilizados na recolha de RU evoluíram tecnologicamente nas últimas décadas, os "baldes de lixo" deram lugar a contentores mais robustos e com um *design*

mais atraente e os camiões de recolha que apenas removiam os resíduos das ruas, tornaram-se em veículos complexos com GPS e sistemas de optimização de rotas em tempo real. A evolução das tecnologias de informação e comunicação tem potenciado as múltiplas vantagens do uso de SIG no sector dos RU (Rada *et al.*, 2013), e os recentes desenvolvimentos tais como a utilização de sensores de nível e sistemas de alarme nos contentores (Johansson *et al.*, 2005), GPS (*Global Positioning System*), ferramentas de RFID (*Radio Transponder Frequency Identification*), *wi-fi*, e *Web-GIS* (cartografia *web*, geo-referenciada), podem ser implementados em todos os tipos de sistemas de recolha. Inúmeros exemplos de sistemas de recolha de RU são implementados, o que torna difícil comparar e avaliar resultados (Dahlén e Lagerkvist, 2010b).

De facto, a diversidade de contentores e veículos é muito grande, desenvolvidos quase por medida para todas as situações e requisitos, resultando num leque cada vez mais amplo de soluções e complexidade (Piedade e Aguiar, 2010). Esta complexidade é também realçada por (Kogler, 2007), que conclui que não é fácil encontrar descrições adequadas dos diferentes sistemas de recolha ou que as mesmas são inadequadas. (Rives *et al.*, 2010) acrescentam que os dados relativos ao impacte ambiental dos diferentes sistemas de gestão de RU e sobre as suas fases são muito abundantes enquanto noutras áreas específicas, tais como sistemas de contentores, são escassos. Na maioria dos sistemas de recolha de RU, o uso de contentores é grande (ISWA, 2004), mas tem sido observado que a aquisição de um tipo particular de contentor corresponde, na maior parte dos casos, a critérios económicos ou estéticos (Rives *et al.*, 2010).

A complexidade dos equipamentos e dispositivos de recolha aumenta a dificuldade na tomada de decisão sobre que sistema de recolha de resíduos deve ser implementado para ser economicamente viável, socialmente aceite e, simultaneamente, cumprir com todos os desafios legais e ambientais já mencionados. Sem um entendimento comum de capacidades e funcionalidades dos sistemas de recolha de RU, ou seja, dos equipamentos e tecnologias disponíveis, há um risco de abrandamento não só na avaliação dos aspectos operacionais, mas também no desenvolvimento de sistemas de recolha de resíduos novos e sustentáveis.

II.5.3.2 ESTADO DA ARTE – CLASSIFICAÇÕES EXISTENTES

A literatura existente sobre a recolha e transporte de resíduos distingue ou classifica os sistemas de recolha usando critérios muito diversos. De facto, (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993) afirma que os sistemas de recolha de resíduos podem ser classificados a partir de vários pontos de vista, tais como as fontes onde os resíduos são gerados (a origem), os tipos de resíduos recolhidos, o tipo de serviço, o modo de operação ou métodos utilizados na recolha e o equipamento utilizado. A classificação de sistemas de recolha foi promovida desde os anos 90, onde os vários aspectos que poderiam caracterizar os complexos sistemas têm sido relacionados com os seus componentes (contentores e veículos), com a forma como ambos se inter-relacionam (o método de recolha), com a forma como os resíduos devem ser tratados e recuperados (fluxos de resíduos) e com a forma como os sistemas de recolha estão localizados na cidade (tipo de serviço).

A revisão bibliográfica permitiu identificar e sistematizar as principais abordagens adoptadas na classificação de sistemas de recolha de RU, com base nas principais tecnologias, aplicações e requisitos que podem ser usados para a especificação dos mesmos. Vários livros, artigos publicados em revistas científicas e actas de conferências sobre gestão de resíduos foram consultados, resultando na sistematização das classificações assumidas pelos autores que foram mais específicos na caracterização e classificação de sistemas de recolha de resíduos. A sistematização baseou-se nas cinco características principais identificadas: **método de recolha**, **tipo de recipiente**, **tipo de veículo**, **origem e separação dos resíduos** (fluxos de resíduos) e **tipo de serviço**, que serão desenvolvidas a seguir.

a) Classificação por tipo de serviço

Os meios (recipientes) utilizados para a recolha e a forma como são manipulados durante a operação de recolha são amplamente determinados pelo arranjo da recolha ou do tipo de serviço que é oferecido, que tem de resultar das configurações específicas da área a servir, dos tipos de resíduos recolhidos e de outros aspectos logísticos (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010). A conveniência dos sistemas de recolha para o produtor de resíduos é assim um dos principais critérios utilizados para a classificação de sistemas de recolha.

Existem diferentes designações para classificar o tipo de serviço, que estão relacionadas com o tipo de separação na origem (fluxos de resíduos misturados ou separados), bem com a interação do sistema de recolha com o sistema de fundo, que caracteriza a área de recolha. Na Tabela II-1 listam-se as classificações adoptadas pelos diferentes autores e na Tabela II-2 apresenta-se uma definição para cada um dos tipos de serviço que foi possível distinguir e respectivas referências bibliográficas. De ressaltar que algumas das designações adoptadas na bibliografia anglo-saxónica se perdem na tradução, que pode ser abusiva e que recorre a designações utilizadas vulgarmente pelos técnicos de recolha (ao chamado “calão técnico”), pelo que se optou por manter também a palavra em inglês.

Tabela II-1: Classificações existentes para o tipo de serviço

Tipo de serviço	Referências
Sistemas de recolha porta-a-porta na berma (curbside), no beco (alley), de colocar e recolher o recipiente (set-out and setback) e sistemas de deposição colectiva (drop-off).	Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993)
Sistemas para recolha indiferenciada: porta-a-porta na berma (curbside), no quintal nas traseiras (backyard) e no beco (alley). Sistemas para recolha selectiva: deposição colectiva - baterias de contentores instalados na via pública (drop-off centres) e ecocentros onde se recebe um valor monetário pelos resíduos depositados (buyback centres).	Rhyner (1995)
Sistemas de recolha selectiva: - Sistemas de deposição colectiva (drop-off systems): recolha na via pública (de sacos), recolha centralizada (de contentores separados), contentores multi-compartmentados e centros de reciclagem (recycling centers); - Sistemas de recolha na berma ou descentralizados (pick-up systems or decentralized collection on the curbside): contentores, baldes e sacos (containers, garbage can and bag).	Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010)
Sistemas de recolha na berma (curbside), no beco (alley), no quintal das traseiras e recolocando no mesmo lugar (backyard set-out and set-back), no quintal das traseiras (backyard carry), e colectiva (drop-off).	O'Leary e Walsh (1995)
Sistemas de recolha na berma (curbside), no beco (alley), na propriedade e recolocar no mesmo lugar (set-out and set-back), na propriedade (set-out), no quintal das traseiras (backyard carry).	Theisen (2002)
Recolha de recipientes para uso doméstico ou na berma (household containers or curbside collection), contentores de bairro (neighborhood containers), contentores de zona (zone containers) e pontos verdes (green points).	Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres (2003)
Sistemas de recolha na berma (curbside collection systems), sistemas de deposição colectiva (drop-off points collection systems) e sistemas mistos (mixed systems).	ISR-CER (2003)
Serviço "total", à porta (full service), na berma (curbside), de deposição colectiva (bring), outros (other).	ISWA e WGCTT (2004)
Recolha na berma ou beco (curbside or alley), recolha no quintal/traseiras ou na propriedade (backyard or on-property collection), recolha em pontos de deposição colectivos (drop-off communal collection), recolha "na hora" ("just-in-time" collection), recolhas especiais (special collections).	Uriarte (2008)
Recolha porta-a-porta (door-to-door), na berma (curbside) e colectiva (drop-off points).	Gallardo <i>et al.</i> (2012)
Multi-contentor (multi-container), porta-a-porta (door-to-door), pneumática (mobile pneumatic).	Iriarte (2009)
Ecopontos (eco-points - similar to drop-off points or neighborhood containers), porta-a-porta (door-to-door), ecocentros (eco-centers - similar to green points or recycling stations), recolha pneumática (pneumatic collection).	Piedade e Aguiar (2010)
Serviço total permanente (individual ou conjunto) (full service permanent (individual or joint)), serviço total a pedido (individual ou conjunto) (full service requested), recolha na berma permanente (individual ou conjunta) (curbside collection permanent), recolha na berma programada (individual ou conjunta) (curbside scheduled), recolha na berma a pedido (curbside collection requested), pontos de recolha públicos (public collection points), centros de recolha (collection centres).	Nilsson (2010)

Tabela II-2 – Sistematização das designações e definição dos diferentes tipos de serviço descritos na bibliografia

Tipo de Serviço	Definição
Porta-a-porta na berma, no beco ou contentores domésticos; serviço total. (Door-to-door, curbside, alley pick-up or household containers; full service)	Recipientes como contentores, baldes, cestos e sacos são destinadas a famílias individuais, muito perto da fonte de geração de resíduos, sendo o proprietário responsável pela colocação dos recipientes para serem esvaziados na berma/nas traseiras no dia da recolha de cada fluxo de resíduo e pela recolha dos recipientes vazios (Figura II-24). Nestes sistemas não existem contentores instalados permanentemente na rua (Dahlén e Lagerkvist, 2010b; Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003; Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Iriarte, 2009)
Porta a porta com recolha e devolução no local original ou serviço total (Setout-setback or full service collection)	Os contentores são colocados fora da propriedade e recolocados no local original depois de esvaziados por equipas adicionais de trabalho (que entram em propriedade privada) em conjunto com a equipa de recolha responsável pelo carregamento do veículo de recolha (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993)
Recolha no quintal/traseiras (Backyard carry)	As equipas de recolha entram na propriedade para a recolha dos resíduos, podendo os contentores ser transportados para a viatura, esvaziados e devolvidos ao local de armazenamento original, ou esvaziados para um carrinho ou contentor que é transportado para a viatura para que seja necessária apenas uma viagem (O'Leary e Walsh, 1995). (Figura II-24)
Recolha no momento ("Just-in-time" collection)	Os residentes trazem para o exterior os seus resíduos no momento em que a viatura de recolha chega a um determinado local e toca uma campainha (sistema que funciona nas habitações da classe média alta de habitação de muitos países em desenvolvimento) (Uriarte, 2008).
Sistemas colectivos (Drop-off or bring systems)	São instalados contentores de diferentes tamanhos e formatos na via pública, sendo requerido aos residentes que depositem nestes locais os seus recicláveis (Dahlén e Lagerkvist, 2010b; Rhyner, 1995). (Figura II-26 e II-27).
Sistemas multi-contentores (multi-container)	Os cidadãos depositam cada fracção em contentores específicos localizados em duas áreas da rua: os contentores para a fracção orgânica e residual são localizados na berma, a uma distância máxima de 50 metros das habitações; os contentores para o vidro, papel, e embalagens são agrupados num local a uma distância máxima de 300 metros das habitações (Iriarte, 2009)
Contentores de bairro (Neighborhood containers)	As famílias são individualmente responsáveis pela deposição dos seus resíduos num contentor comum ou de "bairro/vizinhaça" perto da fonte de produção dos resíduos (Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003)
Contentores de Zona (Zone containers)	Grandes contentores para diferentes tipos de resíduos são localizados em áreas centrais que servem um ou múltiplos bairros (Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003)). (Figura II-26 e II-27).
Pontos verdes, ecocentros (Green points)	Estes pontos são especificamente projectados para recolher não só os itens separados das áreas de abrangência e contentores de berma, mas também para recolher selectivamente os materiais não abrangidos pelos outros sistemas, tais como resíduos perigosos, electrodomésticos e roupas (Gonzalez-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003).
Centros de deposição e venda (Buy-back centres)	Tratam-se de estabelecimentos onde podem ser depositados materiais em troca de um valor monetário, como a recolha de materiais recicláveis (Rhyner, 1995)
Recolha pneumática (pneumatic collection)	Sistema que usa uma rede de tubos subterrâneos e viaturas de sucção pneumática e os cidadãos depositam as diferentes fracções de resíduos em dia e horas pré-determinadas, em portas de entrada localizados na rua ou no edifício de habitação ligado a recipientes localizados em tanques subterrâneos por uma rede de tubos subterrâneos (Gallardo <i>et al.</i> , 2012)



Figura II-23: Sistema de recolha “porta-a-porta na berma”, automática, em Appleton, Wisconsin (Media, 2015)



Figura II-24: Sistema de recolha “porta-a-porta no quintal/traseiras” (Tandon, 2014)



Figura II-25: “Contentores de zona” de um sistema de recolha “colectivo” em Barcelona



Figura II-26: “Contentores de zona” de um sistema de recolha “colectivo” em Bordéus

Apesar disto, numa abordagem simples da revisão bibliográfica, dois arranjos possíveis podem ser diferenciados no que respeita ao tipo de serviço: a recolha individual, porta-a-porta ou na berma (“pick-up”, “curbside”) e os sistemas colectivos ou por pontos (“drop-off”), considerando-se assim as “estações de reciclagem públicas” “parques ecológicos” ou “ecocentros” como um componente de um sistema colectivo (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010):

- Nos sistemas porta-a-porta²⁰, os recipientes ou contentores são geralmente instalados/colocados para a recolha perto das habitações dos produtores de resíduos, de onde são levados para a

²⁰ A recolha porta-a-porta com contentores, os contentores são distribuídos a cada edifício ou habitação, responsabilizando-se os utentes pela colocação deste(s) à porta, de acordo com o horário definido pelos serviços de recolha. Em edifícios em altura poderá existir um tubo de queda, que permite que a deposição dos resíduos seja realizada a partir das habitações, tendo que existir um compartimento de armazenamento de contentores (Levy e Cabeças, 2006). O uso de recipientes atribuídos a cada ponto de recolha simplifica o trabalho e permite a

berma, pelo produtor dos resíduos ou pela equipa de recolha, por onde passa a viatura de recolha, que recolhe/esvazia o seu conteúdo (Figura II-27);

- No sistema de deposição colectiva²¹, os resíduos acumulados são levados pelo seu gerador para um local central, onde estão instalados recipientes especialmente criados para o efeito, que são regularmente esvaziados ou quando necessário; ao contrário dos sistemas porta-a-porta, as viaturas de recolha passam apenas nos locais centrais em vez de irem aos pontos em frente a cada habitação (Figura II-27).

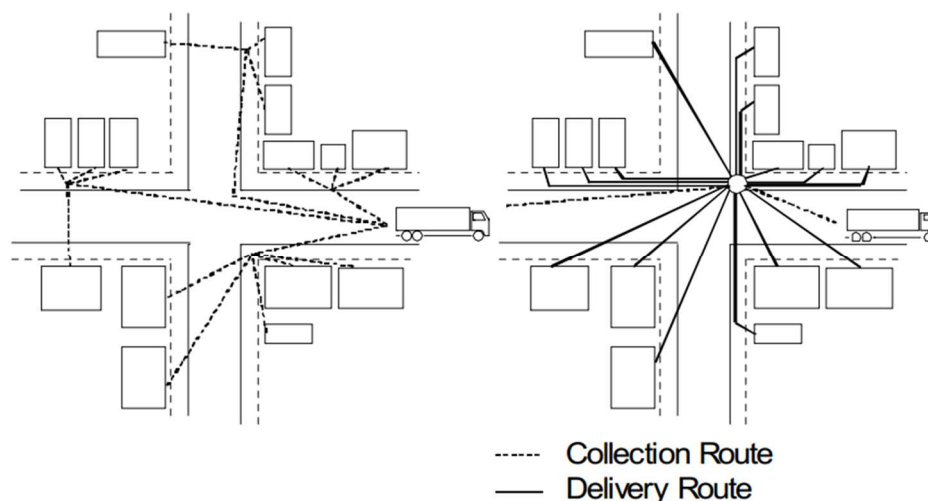


Figura II-27 – Representação esquemática de um sistema porta-a-porta e de um sistema por pontos ou colectivo (fonte: (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010)).

Para além da classificação do tipo de serviço em função da distância, manipulação dos recipientes e comodidade oferecida aos utentes, existem outros critérios que podem ser utilizados mas que são menos comuns na literatura. Uma relação que é estabelecida por alguns autores é a que existe entre o tipo de serviço oferecido e o tipo de resíduos recolhidos: os sistemas “full service” (recolha dos resíduos à porta de casa) são habitualmente utilizados para os resíduos indiferenciados, a recolha porta-a-porta na berma (“curbside”) é utilizada para os resíduos orgânicos, e na recolha de recicláveis (e.g. papel, vidro, metal, plástico) utilizam-se vulgarmente os sistemas colectivos (“bring systems”) e também os de recolha porta-a-porta na berma (ISWA WGCTT , 2004; Rhyner, 1995). Ainda no que respeita ao tipo de serviço mas agora em relação à frequência com que o mesmo é realizado, os

identificação e individualizada da carga do produtor de resíduos, no entanto, devem ser disponibilizados espaços adequados em cada ponto de recolha, o que por um lado pode colocar problemas em áreas da cidade densamente edificadas, e por outro pode tornar a recolha em lugares remotos bastante cara devido às longas distâncias entre os pontos de recolha individuais (Bilitewski, 2010).

²¹ Na recolha por pontos ou recolha colectiva, também designada por recolha por transporte voluntário, os contentores são instalados em pontos de deposição definidos pelos municípios, onde os munícipes se deslocam para a deposição de resíduos. Este sistema é utilizado quando se pretende reduzir custos de remoção pois, quer do ponto de vista da implementação, quer do ponto de vista da exploração, apresenta custos mais baixos (Levy e Cabeças, 2006). Por outro lado, em muitos municípios não existem condições para a recolha porta-a-porta, especialmente em edifícios em altura, quer pela ausência de casas de lixo nos edifícios e de regulamentação municipal no licenciamento das construções para o efeito, quer por serem edifícios cuja dificuldade no acesso aos compartimentos obrigue à existência de porteira, para a colocação dos contentores no exterior dos edifícios à hora estabelecida. Existem ainda diversos problemas associados ao funcionamento destes compartimentos, resultantes de uma má concepção (maus acessos, dificuldades no manuseamento dos contentores, ausência de porta ou de arejamento, entre outros).

sistemas de recolha podem ser classificados em “recolha programada” (com uma frequência de recolha fixa) e “recolha a pedido” (recolha quando solicitado) (IS AAGCTT, 2004; Nilsson, 2011).

Concluindo, o tipo de serviço tem, de facto, uma contribuição bastante baixa para distinguir os vários sistemas contentor-viatura.

e tal como já foi referido, é possível observar que o tipo de serviço prestado está relacionado com o tipo de resíduos recolhidos e respectivas quantidades ou pode ser usado para estabelecer como a gestão e recolha de resíduos deve ser cobrada (e.g. a definição de tarifários de acordo com a qualidade/proximidade do serviço). Existem assim vários tipos de sistemas de recolha capazes de responder às necessidades de cada tipo de serviço. Portanto, o tipo de serviço tem mais impacto sobre a quantidade de materiais recicláveis e qualidade pretendida, assim como na participação dos cidadãos, do que na classificação dos sistemas de recolha utilizados.

b) Classificação do método de recolha

No âmbito desta tese, o “método de recolha” está relacionado com o processo de esvaziamento do recipiente de armazenamento temporário.

Tchobanoglous, Theisen e Vigil, (1993) classifica os sistemas de recolha de acordo com o “modo de operação”, em duas categorias: sistemas de substituição (“hauling container systems”), onde os recipientes são transportados para o local de eliminação, esvaziados, e voltam para a sua localização original ou para outro local, e sistemas estacionários (“simple emptying”), onde os recipientes permanecem no ponto de geração, ou são movidos para a berma ou outro local para serem esvaziados. As exigências de mão-de-obra estão relacionadas com a mecanização da operação: nos sistemas estacionários a força de trabalho necessária depende se a viatura de recolha é carregada mecanicamente ou manualmente; para sistemas de substituição as exigências de mão-de-obra são as mesmas dos sistemas de contentores estacionários carregados mecanicamente (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

Outros autores distinguem mais métodos de recolha na classificação dos sistemas. De acordo com Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010), existem cinco tipos diferentes de métodos de recolha: para além do sistema estacionário, definido de forma semelhante que em Tchobanoglous, Theisen e Vigil, (1993) e que pode ser utilizado nos sistemas porta-a-porta (“curbside”) e de deposição colectiva (“drop-off”) e do sistema substituição, onde “os recipientes são trocados com os vazios”, este autor acrescenta os sistemas de sentido único (“one way system”), que usam sacos de plástico utilizados em apenas um ciclo de recolha (descartáveis), os sistemas de recolha não sistemática, utilizados para a recolha de resíduos volumosos de várias formas e tamanhos na berma (seja em recipientes ou a granel), e sistemas de recolha especiais, nomeadamente os métodos de extração a vácuo e os de descarga hidráulica.

O’Leary e Walsh (1995) discriminam os tipos de equipamentos em função do método de recolha: quando a recolha é manual, são utilizados sacos de plástico ou contentores de metal ou plástico normalizados; quando a recolha é automática ou semi-automática, então os contentores devem ser especificamente desenhados para serem compatíveis com os mecanismos de recolha montados nas viaturas, acrescentando assim uma categoria aos sistemas manuais e mecanizados, ao dividir estes últimos em semi-automáticos e automáticos. Mais recentemente, Kaliampakos e Benardos (2013) diferenciam os sistemas que utilizam contentores subterrâneos em duas categorias, também de acordo com a mecanização da operação: sistemas que podem operar como pontos de recolha autónomos, cujos contentores têm apenas as suas entradas acima da superfície do solo ou a sua maior parte é subterrânea – “sistemas subterrâneos ou semi-subterrâneos autónomos”, respectivamente, ou

sistemas de recolha a vácuo automatizados, onde os resíduos são eliminados através de entradas para contentores subterrâneos especiais e que, em intervalos de tempo seleccionados, são transportados por sucção a vácuo através de uma canalização subterrânea para uma estação central; na ausência de infra-estruturas de canalização, existem unidades de vácuo móveis em veículos pesados disponíveis para sugar os resíduos dos contentores subterrâneos e levá-los para o processamento. Também (Piedade e Aguiar, 2010), (Teerioja, et al., 2012) e (ISWA WGCTT , 2004) ao se referirem ao método de recolha, identificaram os sistemas de recolha de resíduos pneumáticos como uma alternativa à recolha de RU operada com viaturas de recolha convencionais.

Resumindo, o recipiente pode ser esvaziado no mesmo lugar (simples ou estacionário), pode ser trocado por outro recipiente vazio (substituição), pode ser transportado para o destino ou pode ser removido pneumáticamente. Apenas no caso da recolha estacionária é possível considerar um sistema de carga manual, todos os restantes são mecanizados, podendo ser distinguidos na literatura como semi-automáticos e automáticos (O'Leary e Walsh, 1995). Para além destas características mais comuns, Bilitewski, Wagner, e Reichenbach (2010) consideram ainda a forma como a recolha selectiva é organizada, definindo "sistemas integrados", onde a recolha de materiais recicláveis e resíduos indiferenciados ocorre ao mesmo tempo em veículos multi-compartimentados a partir de recipientes divididos ou separados, "sistemas parcialmente integrados", onde a recolha de recicláveis acontece de forma independente e em momentos diferentes da remoção regular de resíduos indiferenciados (recolha alternada) e "sistemas por adição ", onde a recolha de materiais recicláveis é feita para além da recolha regular de resíduos indiferenciados, com viaturas e recipientes separados.

Na Tabela II-3 sistematizam-se as classificações encontradas na revisão da literatura, utilizando as duas características que se destacaram, nomeadamente o "método de recolha" e "mecanização da operação".

Considerando as duas características encontradas na literatura, utilizadas na sistematização da classificação apresentada Tabela II-3, a mecanização é a que mais depende da tecnologia. Na verdade, o principal aspecto distintivo dependente da forma como a viatura é carregada - mecânica ou manualmente. Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010) caracterizam a mecanização da recolha pelo tipo de movimento que a mecanização reproduz. Em relação ao método de recolha, a sua relevância baseia-se mais numa perspectiva económica e nos recipientes utilizados. Os recipientes podem ter uma capacidade mais elevada, fazendo com que eles sejam transportados com os resíduos para as instalações de tratamento, porque a quantidade de resíduos é considerável e os resíduos a recolher não se degradam. No entanto, no caso de resíduos biodegradáveis, a quantidade a ser recolhida por recipiente é mais baixa, tornando possível a sua descarrega para dentro do veículo, em vez de transportar os recipientes para a instalação de recepção dos resíduos.

Pode-se assim concluir que o método de recolha é mais relevante para caracterizar a forma como os circuitos de recolha devem ser operados numa perspectiva económica, do que para ser usado para caracterizar os sistemas de recolha.

Tabela II-3 – Classificações existentes para o método de recolha

Método de recolha	Mecanização da operação	Referências
Substituição/Rebocados ("Hauled"), Estacionário	Manual ou mecanizado	Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993)
-	Manual ou mecanizado	Rhyner (1995)
Estacionário ("Simple emptying"), troca, sentido único ("one way"), recolha não sistemática, sistemas especiais de recolha (extracção por vácuo e descarga hidráulica)	Mecanizada: sistemas de elevar e poisar, sistemas "roll-off" com gancho, sistemas "slide-off" com guinchos.	Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010)
-	Manual, semi-automática, automática	O'Leary e Walsh (1995)
Substituição/Rebocados ("Hauled"), Estacionário	-	Thiessen (2002)
Estacionário ("Simple emptying"), troca, sentido único ("one way"), recolha não sistemática, sistemas especiais de recolha	-	Kogler (2007)
Estacionário, sistemas centralizados a vácuo	Manual, mecânica, tecnologias de recolha especiais	Nilsson (2010)
-	Para a recolha subterrânea: pontos de recolha autónomos e sistemas de recolha automatizados a vácuo	Kaliampakos e Benardos (2013)

Considerando que na recolha de RU "convencional" (operada com viaturas de recolha), a característica que é mais relevante para caracterizar os sistemas de recolha do ponto de vista tecnológico são os equipamentos utilizados – recipientes e viaturas, estes dois componentes são também utilizados na classificação de sistemas, que se desenvolve a seguir.

c) Classificação de recipientes

O tipo de "recipiente" corresponde ao receptáculo onde os resíduos são temporariamente depositados.

Actualmente há muitos recipientes padronizados em uso, que têm que cumprir com os requisitos definidos nas normas aplicáveis. As primeiras normas para contentores foram publicadas pelo DIN - *Deutsches Institut für Normung* (Instituto de Normalização Alemão), como foi o caso da DIN 30740 e DIN 30700 partes 1 + 2, e mais tarde da RAL-RG 723/2, e também por outras organizações europeias como a UNI (organização italiana de normalização) e AFNOR (organização francesa de normalização). Actualmente, na UE, as especificações dos requisitos para o fabrico, dimensões e *design*, os critérios de desempenho e testes, e a saúde e segurança para os contentores estacionários de resíduos são regidas pelas normas europeias EN840 e EN 12574. Estas normas classificam os tipos de dispositivos de elevação e capacidades, bem como os métodos de ensaio e requisitos de saúde e segurança. Elas contêm a terminologia, dimensões e requisitos, bem como informações sobre os métodos de ensaio para os contentores.

As normas EN840, aplicadas aos contentores móveis (MGB – *mobile garbage containers*), estão subdivididas nos diferentes grupos de contentores, considerando o número de rodas, capacidade e dispositivos de elevação: a DIN EN 840-1 é aplicável nas dimensões e *design* de contentores de duas rodas, com uma capacidade até 400 litros para dispositivos de elevação frontal com pente; as DIN EN 840-2 e DIN EN 840-3 são aplicáveis a contentores de quatro rodas, com capacidades até 1300 litros, com tampa plana ou curva, respectivamente, e para dispositivos de elevação laterais e/ou frontais, com pente; e a DIN EN 840-4 é aplicável a contentores de quatro rodas, com capacidade até 1700 litros e tampa plana, para dispositivos de elevação laterais e/ou dispositivos de elevação frontal com pente

mais largos. Finalmente, a norma EN 12574-1, é aplicável a contentores de tampas grandes planas ou curvas ou com dispositivos de elevação com grua.

A variedade de recipientes é bastante grande, no entanto, as classificações existentes encontradas na literatura são caracterizadas principalmente pelo tipo, materiais e tamanho/capacidade, como pode ser observado na Tabela II-4.

De facto, a maioria dos autores caracterizam os recipientes pelo seu tipo, existindo várias opções, desde sacos a contentores subterrâneos. O relatório do ISWA de 2004 (ISWA WGCTT, 2004) apresenta uma descrição e comparação dos sistemas de recolha de resíduos Europeus com base no tipo de serviço e na descrição do equipamento de recolha para cada tipo de resíduo doméstico, considerando os seguintes tipos de recipientes: contentor, saco de plástico, saco de papel, estação de reciclagem, subterrâneo e recolha de profundidade. Rhyner *et al.* (1995) indicam apenas três tipos de recipientes vulgarmente utilizados: baldes metálicos ou de plástico, sacos (para a recolha manual) e recipientes especiais (caixas grandes de plástico, geralmente montadas sobre rodas e contentores “roll-off”). O’Leary e Walsh (1995), referem-se aos diversos tipos de recipientes que podem ser usados em função dos métodos implementados e requisitos da zona a servir, distinguindo os recipientes em sacos de plástico, contentores normalizados de metal ou plástico, tambores (*drums*), caixas de cartão, baldes (*cans*) com pegas e tampa, recipientes de rodas, “recipientes específicos para os mecanismos de carga dos camiões” e contentores “roll-off”.

Na análise dos factores que determinam os custos da recolha de resíduos em municípios italianos, Greco *et al.* (2014) classificam os tipos de recipientes em sacos, suportes públicos para sacos, contentor, contentor com rodas, contentor de rua com controlo remoto de abertura, contentor subterrâneo e contentor compactador. Teixeira, Russo, e Bentes (2014) dividem os contentores em dois “modelos”, os contentores de porta-a-porta (“street-side”) e os contentores colectivos (“drop-off”) para a avaliação do desempenho operacional, económico e ambiental da recolha de RU na cidade do Porto. O estudo do ISR (2003) sobre os sistemas de recolha espanhóis, classifica os recipientes em contentores de tampa fechada, contentores de tampa aberta e contentores tipo *igloo*. Na análise económica-ambiental da recolha de resíduos apresentada pela Ecoembes - Eco Emballages de España, S.A. (Satué, 2000), os cinco tipos de sistemas de recolha mais comuns em Espanha são distinguidos com base no tipo de recipientes – contentores de recolha lateral, de recolha traseira, *igloo*, sacos, pneumáticos e subterrâneo.

Para além do tipo, e aproximando-se mais dos critérios utilizados nas normas EN, outros autores complementam a descrição incluindo também a capacidade. De facto, Bosch *et al.* (2001) afirmam que os recipientes podem ser classificados de acordo com sua capacidade. Kogler (2007) distingue os sistemas pela utilização ou não de recipientes e pelos seus tamanhos (capacidades) ou mobilidade (com rodas ou sem rodas) e Bilitewski *et al.* (1994, 2010) distinguem baldes de lixo (*garbage cans*) padronizados, de 50 a 110 L, barris de lixo (*trash barrels*), contentores de grande dimensão montados sobre rodas, de 660 a 1100 L, contentores de abertura superior e contentores com compactadores auto-suficientes. Rives *et al.*, (2010) usam a avaliação do ciclo de vida para quantificar e comparar o potencial impacte ambiental de quatorze sistemas de recolha de resíduos que utilizam contentores, também classificados de acordo com o seu volume (contentores de 60 a 2400 l) e material (aço, HDPE). (Uriarte, 2008) classifica os recipientes de acordo com a tipologia de habitação (moradias, prédios) e rendimentos das famílias da zona a servir distinguindo os recipientes em sacos, baldes metálicos, tambores e meios-tambores com diferentes capacidades.

No trabalho de Bovea *et al.* (2010), sobre a avaliação ambiental das estratégias alternativas de gestão de RU numa cidade espanhola, os recipientes utilizados foram descritos pelo seu volume, corpo e material das peças auxiliares e pelo “processo” (duas/quatro rodas/sistema de elevação), dividindo em contentores de recolha na berma (“médios e grandes contentores de carga traseira”, “contentores de

recolha lateral") e contentores de recolha de alta densidade por meio de "bancos de materiais", vulgo ecopontos ("recipientes do tipo igloo de PEAD" e "contentores de aço galvanizado").

Piedade e Aguiar (2010) classificam os tipos de equipamentos usados em Portugal de deposição colectiva ou "ecopontos", como subterrâneos e de superfície, os equipamentos porta-a-porta são classificados em recipientes móveis (rodas, mono ou multicompartimentados para vários materiais, com capacidades diferentes - de 80 a 360 litros), caixas plásticas ou cestas (entre 20 a 70 litros) e de sacos de plástico ou de papel não reutilizáveis.

Na Tabela II-4 sistematizam-se as diferentes classificações adoptadas nos documentos consultados durante a revisão bibliográfica onde os autores apresentaram algum tipo de classificação de recipientes de recolha. A sistematização é feita de acordo com o seu tipo, material e dimensão.

Tabela II-4 – Classificações existentes para recipientes

Tipo	Material	Dimensão	Referencias
Sacos descartáveis, recipientes, barris	Papel, plástico, metal galvanizado, fibra	Pequeno, médio, grande	Tchobanoglous, Theisen, e Vigil (1993)
Contentores "roll-off" ou de rodas, sacos, baldes, barris	Metal ou plástico	Grande	Rhyner (1995)
Baldes, barris, contentores de abertura superior, contentores com rodas, contentores com compactadores	Metal, plástico	Pequeno (35 a 50 L), médio (70-110 L), grande (660 - 1.100 L)	Bilitewski, <i>et al.</i> (1994), Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010)
Sacos, tambores (drums), caixas (cardboard boxes), baldes com pegas e tampa (cans) recipientes de rodas, "recipientes específicos para os mecanismos de carga dos camiões" contentores "roll-off".	Metal, plástico, cardboard	-	O'Leary e Walsh (1995)
Contentor, saco, estação de reciclagem, subterrâneo e recolha de profundidade	Papel, plástico	-	ISWA e WGCTT (2004)
Baldes (com tampas), caixas, sacos descartáveis.	Plástico, aço galvanizado, Cartão	Classes de capacidade: 7-10 L, 30-60 L, 50-70 L	Díaz (2005)
Contentores com rodas, contentores sem rodas e sacos	Metal, plástico	120 L, 240 L e 1100 L	Kogler (2007)
Sacos, baldes metálicos, tambores, meios-tambores	Papel, plástico, metal	A partir de 75 a 120 L (baldes), 200 L (para tambores)	Uriarte (2008)
Contentores de duas rodas, quatro rodas, contentores com sistemas de elevação, contentores de carga traseira, contentores de carga lateral, contentores de "bancos" de materiais (contentores "tipo igloo")	PEAD, aço galvanizado,	Médio e grande	Bovea (2010)

Tabela II-5 – Classificações existentes para recipientes

Tipo	Material	Dimensão	Referencias
Sacos, contentores com rodas, grandes contentores, recipientes de materiais recicláveis e orgânicos biodegradáveis, recipientes subterrâneos	-	Grande	Nilsson (2010)
Sacos, suportes públicos para sacos, contentor, contentor com rodas, contentor de rua com controlo remoto de abertura, contentor subterrâneo, contentor compactador.	-	Contentor: menos de 20 L, a partir de 20 para 39 G, a partir de 40 L em, a partir de 660 para 1100 L, 1700 L, de 2000 a 2400 L, a partir de 3200 para 3400 L; Contentor com rodas: 120-360 L	Greco <i>et al.</i> (2014)
Subterrâneos, de superfície, móveis (rodas, mono ou multicompartimentados), caixas ou cestas, sacos	Plástico; Sacos de papel ou plástico não reutilizáveis	Contentores móveis de pap: de 80 a 360 litros; Caixas plásticas ou cestas: de 20 a 70 litros.	Piedade e Aguiar (2010)
(Street-side container, Drop-off container)	PEAD, PP Aço, Borracha, Alumínio	Street-side: 800, 1100L Drop-off: 2500, 5000L	Teixeira, Russo e Bentes (2014)

Alguns autores citam tipos específicos como "Iglu" (ISR, 2003; Bovea, 2010) ou mencionam o nome da marca como "Molok" (Kaliampakos e Benardos, 2013; Nilsson, 2010). De facto, mais conhecida família comercial de sistemas de recolha subterrâneos é o tipo *Molok*, que obteve esta designação do nome da empresa Filandesa *Molok Oy* (Kaliampakos e Benardos, 2013). Há também muitas outras empresas que utilizam o princípio de pontos de recolha subterrâneos e que introduziram os seus próprios produtos comerciais (e.g. SULO, OTTO/ESE, USER, SOTKON, Serac), alguns dos quais estão equipados com sistemas electromecânicos para elevar os contentores subterrâneos para a superfície; além disso, os contentores podem ser equipados com compactadores hidráulicos e, consequentemente, reduzir o volume dos resíduos (Kaliampakos e Benardos, 2013).

Para além das categorias sistematizadas na Tabela II-4, alguns autores consideram ainda a presença de compactação no recipiente como critério de classificação, como Kaliampakos *et al.* (2013) e Bilitewski *et al.* (1997, 2010), ou se eles estão abertos ou fechados (com tampa), como Tchobanoglous *et al.* (1993), Bilitewski *et al.* (1997, 2010) e ISR (2003) e CEN (2014).

Deve também ser referida a relação instintiva que existe entre o tipo de recipiente e o seu tamanho, sendo os sacos e contentores sem rodas os recipientes de tamanho mais pequeno e os contentores subterrâneos os que têm maior capacidade. Como exemplo pode ser dado o caso da família de normas (CEN, 2014a) para contentores EN840 e EN12574, onde os recipientes são classificados como "duas rodas com capacidade para até 400 litros", "quatro rodas, com uma capacidade de até 1.300 litros com tampa plana ou curva" e "quatro rodas, com uma capacidade até 1.700 litros".

De todos os critérios considerados, o que tem mais relevância do ponto de vista tecnológico é o tipo de recipiente, porque ser aquele que pode ser um alvo de inovação. Em relação ao material utilizado, as principais opções são plástico e metal, que será uma tendência nos próximos anos. A excepção pode ser o aparecimento de sacos biodegradáveis, no entanto tal característica não é suficientemente

importante para influenciar os sistemas de recolha, sendo mais importante para o processo de tratamento de resíduos.

d) *Classificação de viaturas*

Tal como nos contentores, existem normas relativas às viaturas de recolha, que abrangem as “viaturas de recolha e os dispositivos de elevação associados – requisitos gerais e de segurança”, nomeadamente a norma EN 1502 – Part 1: 2011, para viaturas de recolha traseira, a EN 1501- Part 2: 2005+A1:2009, para viaturas de recolha lateral, a EN 1502 – Part 3:2008 para viaturas de carga frontal, a EN 1502-Part 4:2007 para codificação dos testes sonoros e a EN 1501 – Part 5:2011 para os dispositivos de elevação.

Para reduzir custos, têm sido desenvolvidas novas tecnologias para as viaturas utilizadas nos sistemas de recolha (Genter, 2003), existindo uma enorme variedade. O tipo de viatura utilizada depende do tipo de contentor de recolha e largura das ruas (Chiplunkar, Mehndiratta e Khanna, 1981), da dimensão da cidade ou região e tipo de urbanismo, pelo que diferentes tipos são utilizados na Europa - viaturas de carga frontal, viaturas de carga traseira, viaturas de carga lateral, viaturas de caixa aberta, e também sistemas pneumáticos ou outros (ISWA WGCTT, 2004), sendo as viaturas com compactação, de longe, as mais utilizadas (O'Leary e Walsh, 1995).

As viaturas podem ser classificadas de acordo com diferentes critérios, conforme os autores.

Nos sistemas “rebocados” (“hauled systems”), isto é, nos sistemas que funcionam por substituição dos contentores, (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993) divide as viaturas de recolha em: (i) sistemas de viaturas “de guincho” (*multibenne*), para a recolha de contentores que variam de 5 a 9 m³; (ii) sistemas de viaturas *multilift* (“tilt-frame”) que têm dois “braços” que recolhem para cima do chassis contentores metálicos de grande dimensão (também chamados de caixas de “entulho/RCD”) ou equipados com mecanismos de compactação auto-suficientes; e (iii) sistemas de viaturas (“truck-tractor trash trailer”) que têm a mesma aplicação das viaturas *multilift* mas que são usados para contentores de maiores dimensões, para recolha de resíduos especialmente volumosos e pesados, que são abertos no topo (“open top trash trailers”) ou equipados com mecanismo de compactação auto-suficientes (“enclosed trailer mounted containers equipped with self-contained compaction mechanism”). Nas viaturas dos sistemas “rebocados”, a descarga é feita por gravidade, por abertura de fundo/deposição inclinada.

O mesmo autor divide os sistemas estacionários²² em: (i) viaturas compactadoras de carregamento mecanizado para contentores de topo fechado e de carga lateral (0.8 - 6.1 m³); (ii) viaturas carregadas mecanicamente (compactadores de carga frontal/lateral/traseira) para contentores utilizados para a recolha em residências individuais (0.2 - 0.3 m³); e (iii) veículos carregados manualmente (compactadores de carga lateral / traseira) para pequenos contentores (0.06 - 0.16 m³). Em todas as viaturas do sistema estacionário, o método de descarga é um painel ejetor hidráulico.

(Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993) também diferencia as viaturas de acordo com o tipo de resíduos recolhidos. As usadas para resíduos indiferenciados são: (i) veículos de recolha com alturas de carga baixa; (ii) veículos de recolha equipados com recipientes auxiliares (nos quais os contentores são esvaziados e que, em seguida, são descarregados no veículo de recolha por meios mecânicos); (iii)

²² Estes sistemas, já definidos no capítulo b) *Classificação do método de recolha*, são utilizados habitualmente na recolha de RU: os contentores são estacionários, isto é, são recolhidos, despejados na viatura e colocados no mesmo local (ponto de recolha). Por oposição, na recolha de “resíduos volumosos”, os contentores são transportados pela viatura para despejo no local de deposição.

veículos satélite pequenos; (iv) veículos carregados mecanicamente com um mecanismo de elevação articulado; (v) veículo de recolha com auto-carregamento equipado com compactador interno; e (vi) viatura de contentores “rebocados” (“hauling vehicle”) com contentor grua e mecanismo de descarga (para grandes contentores / compactadores estacionários). As viaturas utilizadas na recolha selectiva são: compactadores de (i) carga traseira, (ii) carga frontal e (iii) carga lateral, (iv) viaturas de reboque (“Pick-up truck”) com garfos hidráulicos para contentores móveis, (v) camião modificado (caixa hidráulica de deposição dividida em compartimentos), (vi) camião de reciclagem de contentores abertos (com recipientes abertos esvaziados automaticamente), e (vii) camião de reciclagem de corpo fechado (com divisórias de articulação ajustáveis), carregado manualmente.

Outro autor que classificou as viaturas de acordo com o método de recolha utilizado é (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010): para a recolha de contentores móveis identifica as viaturas de recolha traseira, frontal ou lateral como as mais comuns; para os bancos de contentores de deposição colectiva (drop-off stations) as viaturas com contentores de caixa móvel aberta são as mais adequadas; para o método de substituição o mesmo autor refere que uma diversidade de tipos de viaturas pode ser utilizada e para o método “one way” indica as viaturas com contentores de caixa móvel aberta e viaturas de carga traseira; finalmente para métodos não sistemáticos e outros métodos especiais de recolha, podem ser usadas as viaturas de carga traseira, viaturas com base móvel ou viaturas com corpo constituído por contentores abertos, assim como viaturas simples de plataforma.

Também (Kogler, 2007), divide primeiro as viaturas em três grupos de acordo com o método de recolha, que são depois sub-divididas em função da zona de carga/método de elevação, nomeadamente: (i) viaturas para o método de descarga simples, subdivididas em i.1) viaturas de carga traseira, i.2) viaturas de carga lateral, i.3) viaturas de carga frontal, i.4) recolha a vácuo, i.5) viaturas de câmaras múltiplas; ii) viaturas de contentores, subdivididas em ii.1) viaturas de gancho e elevação, iii.2) viaturas “roll off”, ii.3 viaturas “lift-off”, ii.4) viaturas de descarga; e, finalmente, iii) viaturas especiais, divididas em iii.1) viaturas multi -compartimentadas e iii.2) viaturas com cabine de condução subdividida.

Uriarte (2008) adopta uma classificação mais simples dividindo as viaturas em viaturas de carga, viaturas “roll-off”, viaturas *multilift* (“tilt-frames”), viaturas de transporte de contentores (“transfer trailers”) e viaturas desenhadas para a recolha de recicláveis. Também Theisen (2002) adoptou uma classificação simples, classificando as viaturas em viaturas “de guincho”, viaturas *multilift* (“tilt-frame”), viaturas “truck-tractor” e viaturas compactadoras e não compactadoras. Rhyner (1995) divide as viaturas em viaturas compactadoras de carga traseira, lateral ou de topo, acrescentando as viaturas com compartimentos especiais ou reboques (puxados por trás ou compactadores) para a recolha de materiais recicláveis. O’Leary e Walsh (1995) referem-se a viaturas compactadoras - de carga frontal, lateral (incluindo sistemas de recolha automática) ou traseira, viaturas sem compactação abertas ou fechadas, e viaturas de elevação especiais com um guincho de cabo ou braço hidráulico. Bosch, Pedraja, e Suárez-Pandiello (2001) também classificam as viaturas de acordo com os seus dispositivos (e.g. trituradores), acrescentando o critério da capacidade. Mais recentemente, Nilsson (2010) divide as viaturas de recolha em viaturas de carga, viaturas satélite, viaturas com grua, viaturas para contentores “roll-off” e viaturas multi-compartimentadas

Nos artigos científicos publicados na área de gestão de resíduos, está também presente esta diversidade de classificações para identificar as viaturas presentes na área de estudo. Por exemplo, em Ghose (2006), os três tipos de viaturas utilizadas na área de estudo são descritas considerando não só o método de elevação e tipo compatível de contentores, mas também o tipo de estradas onde podem viajar (grandes, pequenas estradas ou áreas congestionadas) - um veículo “skipper type” para levantar caixas estacionárias (um recipiente de cada vez), um veículo de elevação com um mecanismo de carga frontal e um tipo de veículo satélite que recolhe resíduos de um recipiente e descarrega-lo numa caixa maior. Na análise dos factores que determinam os custos de recolha de resíduos numa amostra de municípios italianos, Greco *et al.* (2014) divide as viaturas da área de estudo em viatura de

carga, viatura com compactador, viatura “standard” de carga com compactador, viatura para contentor, viatura com grua, viatura específica para contentores subterrâneos e “outros tipos, a especificar”.

Na Tabela II-6 sistematizam-se as classificações adoptadas nos documentos que constituíram a revisão da literatura nesta matéria, dividindo em “tipo de viatura” e “zona de carga”, e indicando as respectivas referências bibliográficas.

Tabela II-6 – Classificações existentes para viaturas

Tipo de viatura	Carga	Referencias
Sistemas por substituição: viaturas “de guincho” (<i>multibenne</i>), viaturas <i>multilift</i> (“tilt-frame”), viaturas “truck-tractor trash trailer” Sistemas estacionários: viaturas compactadoras de carga mecanizada e viaturas compactadoras de carga manual.	Frontal, lateral, traseira	Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993)
Viaturas compactadoras, compartimentadas, reboques (“trailers”)	Traseira, lateral, de topo	Rhyner (1995)
Viaturas de carga; viaturas com contentores de caixa móvel aberta; viaturas com base móvel, viaturas de plataforma, viaturas compactadoras, viaturas de transporte.	Traseira, frontal ou lateral	Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010)
Viaturas compactadoras, viaturas não compactadoras abertas ou fechadas, viaturas de guincho ou braço hidráulico.	Frontal, lateral, traseira	O’Leary e Walsh (1995)
Viaturas “de guincho”, viaturas <i>multilift</i> (“tilt-frame”), viaturas “truck-tractor”, compactadores e não compactadores	Frontal, lateral, traseira	Theisen (2002)
Viaturas de caixa aberta, caixa fechada.	Frontal, lateral, traseira	ISWA WGCTT (2004)
Viaturas com método de descarga simples: viaturas de carga, recolha a vácuo, viaturas com câmaras múltiplas; Viaturas de contentores: viaturas de gancho e elevação, viaturas “roll off”, viaturas “lift-off”, viaturas de descarga; Viaturas especiais: viaturas multi –compartimentadas, viaturas com cabine subdividida.	Frontal, lateral, traseira	Kogler (2007)
Viaturas de carga, viaturas “roll-off”, viaturas <i>multilift</i> (“tilt-frames”), viaturas “semitrailer” de transporte de contentores (“transfer trailers”), viaturas desenhadas para a recolha de recicláveis.	Frontal, lateral, traseira	Uriarte (2008),
Viaturas de carga, Viaturas satélite, Viaturas com grua, Viaturas para contentores “roll-off”, viaturas multi-compartimentadas.	Frontal, lateral, traseira	Nilsson (2010)
Viatura “skipper type” para caixas estacionárias, viatura de elevação, viatura satélite.	Frontal	Ghose (2006)
Viatura de carga, viatura com compactador, viatura “standard” de carga com compactador, viatura para contentor, viatura com grua, viatura específica para contentores subterrâneos e outros.	Por cima, sobre (“up”, “over”), lateral	Greco, <i>et al.</i> (2014)

Concluindo, da análise da Tabela II-6 torna-se evidente a enorme diversidade de classificações utilizadas. Apesar desta diversidade, existe alguma consistência na classificação com base na zona de carga, em três categorias principais – traseira, lateral e frontal. Já no que respeita ao tipo de viatura, a diversidade é muito maior, sendo assim difícil de sistematizar, o que torna clara a lacuna existente na bibliografia no que respeita a uma classificação simples e clara das viaturas de recolha, que permita uma rápida identificação do equipamento em questão.

e) *Classificação por origem e separação na fonte*

Este critério de classificação que é adoptado por muitos autores, está relacionado com a fonte ou origem dos resíduos, ou seja, com o local onde são produzidos e com o tipo de separação na origem que é adoptada, isto é, com os diferentes fluxos de resíduos recolhidos separadamente.

Concretizando com alguns exemplos encontrados na bibliografia, em Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) a classificação de acordo com as fontes de produção de resíduos divide-se em habitações residenciais individuais com um/dois pisos e em apartamentos de altura baixa, média e alta; a classificação de acordo com o tipo de resíduos recolhidos divide-se depois em resíduos “misturados” (“comingled”) ou indiferenciados e em resíduos “separados na origem”. De forma distinta, no modelo “EASEWASTE” de avaliação ambiental de sistemas e tecnologias de resíduos sólidos apresentado por Kirkeby *et al.* (2006), os sistemas de gestão de RU são distinguidos de acordo com três fontes de geração de resíduos na área/cidade que está a ser estudada: habitação unifamiliar, habitação multifamiliar, e pequenas unidades de negócios comerciais com resíduos de uma composição semelhante aos resíduos domésticos. Também no modelo de Sonesson (2000), para calcular o consumo de tempo e energia durante a recolha de resíduos com viaturas compactadoras, são utilizados três tipos de origens diferentes, típicas dos EUA, relacionadas com os meios necessários – a área urbana (blocos de apartamentos), onde as viaturas de recolha traseira são utilizadas com uma equipa de dois operadores, a área dos subúrbios (moradias isoladas em áreas residenciais) e área rural (moradias isoladas no campo), onde viaturas de recolha lateral são operadas maioritariamente por um único operador. Considerando também a origem e separação na fonte, os sistemas de recolha Europeus são comparados em ISWA WGCTT (2004), de acordo com o tipo de resíduos domésticos, dividido-os em resíduos residuais (ou indiferenciados), resíduos orgânicos, papel, vidro, metal, resíduos leves/plástico (“lightweight/plastic”), resíduos perigosos e outros.

Na Tabela II-7 encontram-se diversas origens para os resíduos, dependendo do tipo de edifício ou a actividade que o gera. Resumindo, a separação na origem pode existir ou não. Quando existe, os sistemas de recolha podem ser definidos de acordo com os fluxos ou tipos de resíduos recolhidos.

Tabela II-7 – Classificações existentes para a origem ou tipos de resíduos e separação

Origem dos resíduos	Separação na origem	Referências
Habitações residenciais individuais (ou “moradias”) e apartamentos (de altura baixa, média e alta).	Sem separação (misturados), separados	Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993)
Residencial, comercial, institucional e industrial.	-	Rhyner (1995)
Áreas urbanas (densidade populacional alta e baixa): origem em habitações ou origem comercial equiparada a habitacional.	Resíduos residuais (<i>residual waste</i>), resíduos separados na origem (material único, e.g. vidro, ou mistura de recicláveis)	Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010)
Áreas residenciais (bairros de habitações unifamiliares), edifícios de apartamentos e estabelecimentos comerciais.	-	O’Leary e Walsh (1995)

Tabela II-6 – Classificações existentes para a origem ou tipos de resíduos e separação (continuação)

Origem dos resíduos	Separação na origem	Referências
Blocos de apartamentos (área urbana), habitações individuais (áreas residenciais dos subúrbios) e habitações individuais no campo (área rural).	-	Sonesson (2000)
-	Misturados, separados	Theisen (2002)
-	Resíduos residuais, resíduos orgânicos, papel, vidro, metal, resíduos leves/plástico, resíduos perigosos, outros	ISWA WGCTT (2004)
Habitação unifamiliar, habitação multifamiliar e pequenas unidades de negócios comerciais (resíduos de composição semelhante aos domésticos).	-	Kirkeby <i>et al.</i> (2006)
-	Resíduos domésticos residuais, recicláveis secos e separados na origem.	Dahlén e Anders (2008)
Unidades de habitação individual, unidades residenciais múltiplas (edifícios de apartamentos ou condomínios em altura) e fontes comerciais.	-	Uriarte (2008)

Da análise da Tabela II-7 conclui-se que a classificação dos sistemas de acordo com a separação na fonte presentes na literatura são diversos, mas podem ser sistematizados em resíduos misturados ou indiferenciados (“comingled”, “residual”) e resíduos separados na origem ou recicláveis (“source separated”, “recycled”).

Verifica-se no entanto, que a origem dos resíduos tem impacto sobre a frequência de serviço e capacidade dos contentores, mas não é relevante para diferenciar o sistema de recolha contentor-viatura, porque o mesmo recipiente ou viatura pode ser usado para recolher diferentes resíduos. Por esta razão, considerou-se que a origem dos resíduos recolhidos não é relevante para promover uma classificação robusta.

II.5.3.3 SÍNTESE CONCLUSIVA

Da revisão de literatura, sistematizada nas Tabelas II-1 a II-6, resultam cinco critérios de classificação diferentes que são usados sozinhos ou combinados, separadamente ou em níveis complementares. Outros critérios podem ser encontrados, mas com um menor grau, como as exigências de trabalho do sistema de recolha (tamanho da equipa de recolha), que está directamente relacionada com o critério de mecanização do sistema; os recipientes e viaturas podem ser classificados de acordo com sua capacidade, os veículos de acordo com suas características especiais (tritadores, por exemplo) e os recipientes de acordo com sua mobilidade, geometria ou cor (Rives *et al.*, 2010; Bovea, 2010; Bosch, Pedraza e Suárez-Pandiello, 2001; Kogler, 2007).

Duas abordagens principais de classificação de sistemas de recolha puderam ser identificadas - as focadas no serviço de recolha, muitas vezes complementada por uma descrição das diferentes fontes de geração dos resíduos e/ou a fluxos de resíduos recolhidos separadamente; e as que estão focadas nos meios de recolha e equipamentos - recipientes e viaturas de recolha. Pode-se no entanto observar que os sistemas de recolha são geralmente caracterizados em primeiro lugar, pelo tipo de serviço prestado (e.g. porta-a-porta, colectivo), deixando os meios necessários e tecnologias utilizadas, em geral, como uma descrição complementar, em segundo plano.

Concluindo, a diversidade nas classificações e nomenclaturas adoptadas é grande, mesmo quando se referem a sistemas de recolha semelhantes. Além disso, a classificação adoptada depende frequentemente dos objetivos do estudo em questão que resultam muitas vezes de especificidades locais do serviço ou área de estudo, inviabilizando assim a sua futura aplicação.

Embora os esquemas de classificação para sistemas de recolha sejam geralmente ausentes, há alguns conceitos associados às mesmas, que derivam da definição de sistemas de recolha, e que podem ajudar a desenvolver uma nova taxonomia.

II.6 INDICADORES

II.6.1 ENQUADRAMENTO

Os operadores de recolha de RU e os decisores precisam de metodologias e ferramentas eficazes para apoiar as opções de gestão sobre questões operacionais incertas e complexas, como a população, área, custos, equipamentos e recursos humanos (Teixeira, Russo e Bentes, 2014).

Um sistema de apoio à decisão (SAD) tem o seu foco na flexibilidade e capacidade de fornecer respostas rápidas, podendo ser iniciado e controlado pelo responsável pela tomada de decisões, com o objectivo geral de melhorar a eficácia, a qualidade e eficiência do processo de tomada de decisão ao nível no planeamento e gestão (Masukado, 2004). De acordo com Lanchtermacher (2002), citado por Masukado (2004), existem duas opções básicas quando os gestores se veem diante de uma situação na qual uma decisão deve ser tomada a partir de uma série de alternativas conflituantes e concorrentes. A primeira é utilizar a intuição e experiência de gestão, e a outra é realizar um processo de modelação da situação, para poder simular diversos cenários com o intuito de compreender melhor o problema. Na gestão de resíduos e em particular na recolha em pequenos e médios municípios, verifica-se, no entanto, que ainda se recorre à primeira opção, isto é, que a tomada de decisão ainda permanece suportada em informação empírica, baseada na intuição e experiência, cenário que tem vindo a modificar-se progressivamente com o desenvolvimento de *softwares* de gestão de informação, e em particular dos SIG.

Vários estudos que avaliaram o desempenho dos serviços locais de recolha e tratamento de resíduos têm surgido durante as últimas décadas. Alguns destes estudos empregam uma abordagem paramétrica, no entanto, a maior parte da literatura sobre a eficiência na gestão de resíduos emprega a análise não-paramétrica conhecida por *Data Envelopment Analysis* (Rogge e De Jaeger, 2012). A par com as abordagens paramétricas e não paramétricas alguns autores utilizam *Indicadores de Desempenho* (ID) para analisar o sector dos resíduos (Rogge e De Jaeger, 2012). De facto, o desempenho operacional e económico pode ser suportado em ID chave, sendo esta uma prática comum (Teixeira, Russo e Bentes, 2014; Del Borghi, 2009). De acordo com Vitorino (2008) os ID permitem uma melhor optimização dos efeitos das decisões de gestão, facilitando uma melhor e mais oportuna resposta por parte dos gestores, e fornecem informação para uma atitude pró-activa em vez de reactiva, desempenhando um papel importante como instrumento de monitorização, entre outros usos potenciais.

O *benchmarking* consiste em fazer a avaliação de um determinado serviço ou de uma determinada entidade gestora por comparação com entidades com melhor desempenho, utilizado com sucesso em muitos sectores industriais. Neste contexto, os ID podem ser uma fonte de informação chave uma vez que fornecem dados claros e quantificados que podem ser utilizados em avaliações comparativas, e

que podem constituir a componente central de um SAD, onde a montante estão os dados de entrada ou *inputs*. O resultado dos ID cuja definição, cálculo e posterior análise de *benchmarking* dependem da identificação e clara definição do problema ou decisão a tomar, podem assim suportar a tomada de decisão.

A avaliação de desempenho baseada num sistema de indicadores é um processo complexo que envolve a recolha sistemática de informação de base (dados originais), a obtenção de variáveis de cálculo (dados analisados), e cálculo de indicadores e índices (Figura II-28).

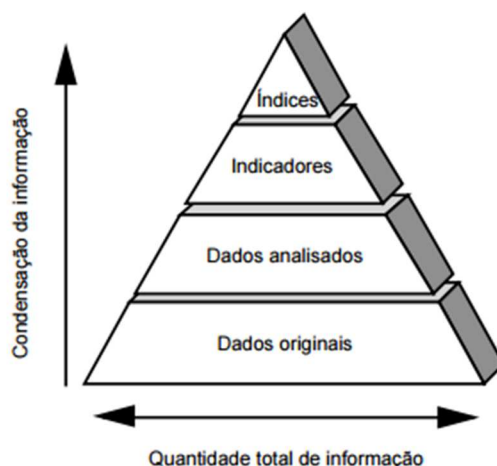


Figura II-28 – Pirâmide de informação num sistema de indicadores (Gomes *et al.*, 2000)

O cálculo de indicadores passa primeiro por encontrar informação da base da pirâmide, que é constituída por dados originais não tratados, cujo tratamento por via de médias, medianas, percentis, entre outros, resulta em dados analisados. Os indicadores estão um nível acima dos dados analisados, e são parâmetros seleccionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para reflectir determinadas condições dos sistemas em análise (normalmente são utilizados com pré-tratamento, isto é, são efectuados tratamentos aos dados originais, tais como médias aritméticas simples, percentis, medianas, entre outros) (Gomes *et al.*, 2000). Finalmente, os índices correspondem ao nível superior de agregação, onde após aplicado um método de agregação aos indicadores é obtido um valor final. Os métodos de agregação podem ser aritméticos (*e.g.* linear, geométrico, mínimo, máximo, aditivo) ou heurísticos (*e.g.* regras de decisão); os algoritmos heurísticos são normalmente preferidos para aplicações de difícil quantificação, enquanto os restantes algoritmos são vocacionados para parâmetros facilmente quantificáveis e comparáveis com padrões (Gomes *et al.*, 2000).

Nos capítulos seguintes será desenvolvida a definição de indicadores e apresentados os critérios de selecção a que os mesmos devem obedecer. São também sistematizados os indicadores de desempenho de um sistema de gestão de resíduos, terminando com um capítulo especificamente destinado aos indicadores utilizados na avaliação dos sistemas de recolha assim como as variáveis determinantes para o seu desempenho.

II.6.2 INDICADORES: DEFINIÇÃO E CRITÉRIOS DE SELECÇÃO

Um dos pré-requisitos para uma melhor gestão é a capacidade de identificar e medir o desempenho de vários elementos de uma operação (Sanjeevi e Shahabudeen, 2015). O termo "indicador" é frequentemente usado, embora seja muitas vezes usado de forma ambígua e em diferentes contextos (Heink, 2010). Tal como a origem da palavra o ilustra, do latim *indicare*, um indicador representa algo a salientar ou a revelar. A EPA (1996) define indicador como "uma medida de algo da qual se quer saber a condição ou que se deseja acompanhar (por exemplo, a condição ambiental). Os indicadores podem apresentar informações sobre o estado ou as tendências do estado do ambiente, podem medir pressões que degradam a qualidade ambiental, e podem avaliar respostas da sociedade com vista a melhorar as condições ambientais". A OCDE (1993) define um indicador como "um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros, que fornece informações sobre um fenómeno. O indicador tem um significado que ultrapassa as propriedades diretamente associadas ao valor do parâmetro. Os indicadores possuem um significado sintético e são desenvolvidos para um fim específico". A Agência Ambiental Europeia (EEA, 2003) define indicador como um valor observado representativo do fenómeno em estudo que, em geral, quantifica informação através da agregação de diferentes e múltiplos dados. Finalmente, Sanjeevi e Shahabudeen (2015) definem indicadores de desempenho como instrumentos de medição utilizados pelas organizações para avaliar o sucesso ou fracasso de uma determinada actividade.

A maioria dos dados disponíveis na gestão de resíduos não são suficientes para interpretar alterações no desempenho dos sistemas, em termos ambientais, económicos ou sociais. Os indicadores, pelo contrário, são "dados superiores" enquanto ferramenta analítica, por várias razões (Ristić, 2005): em primeiro lugar, podem fornecer informações sobre as condições e tendências do desenvolvimento sustentável; em segundo lugar, podem dar contributos para os processos de formulação de políticas; e, em terceiro lugar, ao representarem vários dados num número que geralmente é mais fácil de interpretar que estatísticas complexas, os indicadores podem facilitar a comunicação entre diferentes grupos, por exemplo, entre especialistas e não-especialistas.

Os dados são a componente fundamental no trabalho com indicadores, que são normalmente as primeiras e mais básicas ferramentas para analisar as alterações na sociedade (Ristić, 2005). Os dados base de suporte ao cálculo de indicadores devem (OCDE, 1993):

- Estar facilmente disponíveis ou com uma relação custo/benefício razoável;
- Estar adequadamente documentados e de qualidade conhecida;
- Ser atualizados em intervalos regulares, de acordo com procedimentos seguros.

Os indicadores são uma forma de reduzir uma grande quantidade de dados para a sua forma mais simples, retendo o significado essencial para as questões que são colocadas (Ott, 1978). Os indicadores devem conseguir sumarizar, focar e condensar informação de sistemas complexos, assim como, de realçar tendências e fenómenos que não são detetados de imediato através da análise direta de dados de base (Arendse, 2001). Não são utilizados apenas para descrever ou analisar estados e alterações ambientais, mas também para avaliá-los e definir objectivos (Heink, 2010) - ajudam a compreender onde estamos, para onde vamos e o quão longe está o nosso objetivo.

Um passo necessário no mundo prático dos indicadores é interpretá-los transformando-os em informação, e usar essa informação para melhorar os processos de tomada de decisão (Ristić, 2005). A capacidade dos indicadores em simplificar, clarificar e agregar informação complexa é assim essencial para facilitar o processo de tomada de decisão a nível político e institucional (Zaman, 2014),

podendo ser utilizados em vários níveis de planeamento - local, regional, nacional, comunitário e internacional. É importante lembrar que diferentes partes interessadas, contextos e objetivos precisam de diferentes indicadores, pelo que o desenvolvimento de indicadores ambientais úteis requer um bom conhecimento das necessidades do sector. Na verdade, o factor determinante para um bom indicador é o elo de ligação entre a medição de algumas condições ambientais e as opções práticas políticas (Ristić, 2005). É assim vital escolher o indicador de desempenho correcto antes de o aplicar e realizar avaliações periódicas para identificar as melhorias necessárias no sistema, orientando o pessoal de gestão operacional sobre o que precisa ser feito (Sanjeevi e Shahabudeen, 2015).

Os indicadores são utilizados para vários propósitos, pelo que é necessário definir critérios gerais para a sua selecção. Três critérios básicos são utilizados pela OCDE na definição de indicadores de desempenho ambiental: relevância política, solidez analítica e mensurabilidade (OCDE, 1993). Do detalhe apresentado para estes critérios gerais (OCDE, 1993), destacam-se os seguintes:

- Ser simples, fáceis de interpretar e capazes de demonstrar tendências ao longo do tempo;
- Ser reactivos a alterações;
- Servirem de base a comparações;
- Ter um valor limiar ou de referência que permita comparações;
- Estar bem fundamentado em termos técnicos e científicos;
- Prestar-se à utilização em modelos económicos, de previsão e sistemas de informação;

O Eurostat destaca também cinco critérios essenciais de qualidade para os indicadores (Eurostat, 2001), que reforçam e complementam os anteriores:

- Solidez analítica: correlação entre as mudanças no indicador e as mudanças na pressão ambiental e/ou utilização de recursos;
- Resposta: a capacidade do indicador para refletir e responder às acções políticas;
- Comparabilidade dos dados utilizados;
- Coerência com outros indicadores relacionados (um conjunto consistente);
- Clareza: serem facilmente compreendidos.

Cumprindo com estes critérios gerais, os indicadores devem depois ser definidos de acordo com os objectivos específicos que se pretendem cumprir na medição da “condição” ou “fenómeno” em análise, que devem ser claramente identificados.

II.6.3 INDICADORES DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS

II.6.3.1 ENQUADRAMENTO

Se existe uma área da política ambiental onde a necessidade de indicadores como instrumentos de monitorização é particularmente significativa, esta é a área dos resíduos (Eurostat, 2001).

Os sistemas de gestão de resíduos são avaliados através da utilização de indicadores ou índices²³, e as práticas de gestão evoluíram para abranger diversas questões tecnológicas, económicas e ambientais (Massouda, El-Fadelb e Malak, 2003). De facto, a gestão de RU na Europa tornou-se mais complexa na última década, devido em certa medida à introdução de instalações adicionais para pré-

²³ Se dois ou mais indicadores são combinados, é criado um índice (Ristić, 2005).

tratamento de resíduos e triagem, principalmente para a recuperação e tratamento biológico mecânico (Eurostat, 2012). Sendo o principal objectivo da reciclagem valorizar determinados resíduos, para evitar a sua deposição em aterro e poupar recursos naturais, é determinante a avaliação do sucesso dos métodos e tecnologias utilizados para a recuperação dos resíduos com o objectivo de recolher a máxima quantidade com a melhor qualidade e processar os materiais recolhidos da forma tecnologicamente mais eficiente (Martinho, 2006). É neste âmbito que surge a importância da correcta recolha e selecção de dados e da definição, cálculo e monitorização de indicadores, que permitam reduzir a complexidade dos sistemas de gestão de resíduos e a avaliação das diferentes tecnologias.

De facto, como o número de opções disponíveis para a recolha e tratamento de resíduos está sempre a crescer e porque as condições da fronteira económica mudam frequentemente, os decisores deste sector são confrontados com as seguintes perguntas: É o actual sistema de gestão de resíduos o método mais eficaz em termos de custos para alcançar os objetivos da gestão de resíduos? Existem outros e melhores combinações de processos mais avançados que podem fornecer um serviço idêntico a custos mais baixos? (Allesch e Brunner, 2014). Mas só pelo conhecimento adequado dos custos e seus *drivers* se pode auxiliar o planeamento e implementação de sistemas de gestão de resíduos eficientes, melhorando o seu desempenho (Greco *et al.*, 2014). Em particular, os sistemas de recolha de resíduos são diversos e devem ser estudados em detalhe para determinar quais os que apresentam melhor desempenho.

A fim de aderir aos princípios determinados pelas Directivas Europeias em matéria de resíduos e em particular à Directiva 2008/98/CE, e dada a necessidade de aumentar a reciclagem, compostagem e reutilização de RU, académicos e técnicos têm estudado indicadores de engenharia que abordam as escolhas técnicas, económicas e ambientalmente conscientes (Gamberini *et al.*, 2013). A reorganização das entidades gestoras e a introdução de metas europeias de reciclagem e valorização, veio promover a realização de estudos pelos diferentes Estados Membros. Estes estudos resultaram na definição de variáveis e indicadores que tornassem mensurável a evolução do serviço. As estatísticas de resíduos municipais ganharam assim importância, como meio de evidenciar o cumprimento da meta de reciclagem prevista na Directiva-Quadro Resíduos. Por outro lado, muitas vezes as entidades gestoras têm que reportar indicadores-chave de desempenho a uma autoridade reguladora para suportar a avaliação do seu desempenho operacional, económico e ambiental (Teixeira, Russo e Bentes, 2014).

A análise de trabalhos de investigação mostra que a aplicação de indicadores de desempenho na área da gestão de RU tem evoluído ao longo das últimas cinco décadas (Sanjeevi e Shahabudeen, 2015). Uma série de indicadores sobre sistemas de gestão de resíduos foram desenvolvidos por diversos investigadores de diferentes países, com base em seus próprios interesses (sociais, económicos, ambientais ou tecnológicos), mas os indicadores actualmente disponíveis não são ainda suficientemente integrados nem identificados como indicadores-chave para avaliar os sistemas de gestão de resíduos, pelo que um número significativo de pesquisas de gestão de resíduos usa indicadores de apresentação e avaliação de dados sem uma referência comparativa adequada (Zaman, 2014)

Considerando as muitas e diversas abordagens que prometem apoiar decisões estratégicas ou políticas no planeamento e optimização da gestão de resíduos a todos os níveis (empresas, municípios e governos), os decisores enfrentam o dilema metodológico na escolha da melhor ferramenta de avaliação de desempenho dos sistemas de gestão implementados ou a implementar (Allesch e Brunner, 2014).

Por outro lado, dependendo de sistemas nacionais de recolha de dados de gestão de resíduos, as abordagens estabelecidas pelos Estados Membros para a recolha de dados sobre os resíduos municipais variam muito, prejudicando assim a comparabilidade dos dados entre os países (Eurostat,

2012). A falta de normas internacionais apela a novas melhorias de padronização dos métodos de amostragem e medição de fluxos de resíduos domésticos: há uma necessidade urgente de dados confiáveis de geração e composição dos resíduos no desenvolvimento de estratégias de gestão de resíduos (Dahlén e Lagerkvist, 2010a). Existem dados disponíveis sobre a produção de resíduos por fonte principal para a maioria dos países da OCDE, mas muitas incertezas permanecem quanto à qualidade dos dados usados e sua comparabilidade internacional (OCDE, 1993).

É amplamente reconhecido que a recolha de dados sobre os resíduos depende em grande parte do melhoramento de três áreas estatísticas principais, que estão relacionadas e que são encontradas também noutros domínios ambientais: o uso de definições e classificações comuns, o nível de detalhe para cada variável em causa e a eficiência do sistema de comunicação (Eurostat, 2001). A harmonização das metodologias utilizadas pelos diversos estados membros, no que se refere à recolha e tratamento de dados, é assim fundamental para a definição de estratégias e avaliação das políticas implementadas (Martinho, 1998).

A UE tem-se empenhado numa revisão dos sistemas de recolha de dados, como prioridade para as estatísticas oficiais da Comissão e da AEA, em cooperação com os Estados Membros, existindo uma Decisão da CE (Decisão n.º 2011/753), que estabelece as regras e métodos de cálculo para a verificação do cumprimento das metas estabelecidas na Directiva-Quadro Resíduos. Para os RU, a Comissão Europeia publicou um “Guia sobre a recolha de dados de resíduos urbanos” (Eurostat, 2012), com o objetivo de fornecer orientações quanto ao âmbito e a cobertura dos RU e na recolha e reporte anual de dados sobre a sua produção e tratamento.

Informações de desempenho actualizadas são essenciais para que os objectivos financeiros e operacionais do serviço de recolha sejam cumpridos: os gestores precisam ser capazes de identificar variações de desempenho esperadas e poder, se necessário, agir para corrigir o mau desempenho (Accounts Commission, 2000). A definição e utilização de indicadores no domínio da gestão de RU é assim um tema de interesse para os técnicos e cientistas, que é amplamente discutido na literatura, tal como se irá demonstrar no capítulo a seguir, no entanto, a maioria dos trabalhos publicados na área fazem uma aplicação a *case studies* isolados (Gamberini *et al.*, 2013).

II.6.3.2 INDICADORES UTILIZADOS NA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

Uma ampla variedade de indicadores tem sido proposta para a avaliação da gestão de RU, constituindo na sua maioria, declarações quantitativas básicas e unidimensionais que incidem sobre taxas de geração de RU e prevalência de opções de tratamento e eliminação (Fragkou, Vicent e Gabarrell, 2010).

Os indicadores aplicados para acompanhar os desenvolvimentos no sector dos resíduos e da reciclagem são declarações meramente quantitativas de quantidades de resíduos totais desagregados sobre as opções de tratamento e eliminação (Dall, 2003). De facto, a maioria dos indicadores “macro” de gestão de resíduos utilizados avaliam o desempenho de um sistema recorrendo essencialmente a dados quantitativos, divididos por grupos com base na origem ou natureza dos resíduos (domésticos/comerciais/industriais, banais/perigosos) e/ou destinos (reciclagem material e orgânica, valorização energética, deposição em aterro). No entanto, qualquer indicador sobre as quantidades de resíduos gerados é apenas uma primeira aproximação da pressão ambiental, pelo que mais informações serão necessárias (OCDE, 1993).

Organizações internacionais, europeias e nacionais centram a sua atenção na elaboração e seleção de vários conjuntos de indicadores para medir a situação real dos sistemas, sendo particularmente relevantes a nível internacional os propostos pela OCDE (OCDE, 2003) e pela AEA (European Environment Agency, 2005) e, a nível europeu, pelo Eurostat (Eurostat, 2001). No documento de trabalho emitido pelo Eurostat em 2001, resultante da Sessão Conjunta de Trabalho da ECE e Eurostat sobre “Questões Metodológicas de Estatísticas do Ambiente” (Eurostat, 2001), apresenta-se um ponto de situação e estudo comparativo das experiências existentes a nível da recolha de indicadores de resíduos. São comparados três projectos de indicadores, a saber:

1. Os Indicadores-quadro de Desenvolvimento Sustentável (IDS) da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável;
2. Indicadores de Pressão Ambiental do Eurostat (IPE);
3. Indicadores Ambientais Chave (IAC), uma iniciativa da Comissão e AEA realizada conjuntamente com os Estados-Membros.

O estudo concluiu que existe um elevado grau de convergência entre os três no que diz respeito à definição de indicadores e selecção, mesmo que as abordagens sejam parcialmente diferentes: os indicadores IDS e IPE são de grande alcance, adequados para uma compilação detalhada de estatísticas. Os IAC exigem, pelo contrário, uma abordagem agregada e mais orientada para o desempenho. Exemplos de indicadores referidos neste estudo que se podem destacar são, a produção e destino final de resíduos municipais (quantidade de resíduos depositados em aterro; quantidade de resíduos incinerados – com ou sem recuperação de energia), as taxas de reciclagem, a capacidade das instalações de tratamento e eliminação, a produção de resíduos perigosos e o indicador que compara os RU depositados em relação aos RU produzidos.

No relatório publicado em 2013, a AEA utilizou nove indicadores para avaliar o estado da gestão de RU nos 32 países membros (EEA, 2013a), como a capitação de resíduos municipais, as taxas de reciclagem (nacionais e regionais) e aumentos percentuais em diferentes períodos, a percentagem de material reciclado e de resíduos biodegradáveis no total de resíduos municipais, as taxas de deposição em aterro de resíduos municipais e de resíduos biodegradáveis, o custo de deposição em aterro de resíduos municipais, e o aumento percentual necessário para atingir a meta de 50% de reciclagem da Directiva-Quadro de Resíduos.

Na maior parte das obrigações de reporte de dados decorrentes da legislação comunitária sobre resíduos, as informações são solicitadas a um nível muito agregado, nomeadamente sobre as quantidades totais produzidas e depositadas por fluxo de resíduo, e geralmente numa base anual (Eurostat, 2001). Exemplos típicos de indicadores de produção, total e por sector (e.g. uso doméstico e comercial), são as taxas anuais produção de RU, expressas nos totais ou valores *per capita*. As quantidades de RU que são depositados em aterros, incinerados ou reciclados, tanto em valores absolutos como em percentagem são os indicadores de gestão de resíduos mais comuns, enquanto as taxas deposição em aterro de resíduos biodegradáveis e da reciclagem de embalagens são usados pela AEA (Fragkou, Vicent e Gabarrell, 2010). O Eurostat complementa ainda com dados sobre o número, a área total e capacidade restante das instalações de valorização e eliminação de resíduos disponíveis (Fragkou, Vicent, e Gabarrell, 2010). Ristić (2005) definiu como indicadores base para a gestão integrada de resíduos, a deposição de resíduos em aterro, a produção total de resíduos e a produção de resíduos domésticos e de actividades comerciais.

Zaman (2014) apresentou uma lista de 17 estudos chave sobre indicadores de sustentabilidade de gestão de resíduos, destacando-se: i) o estudo das Nações Unidas (ONU, 2005) que apresentou indicadores chave de desempenho na gestão de resíduos baseados em dados geográficos, de quantidade, composição, gestão, tratamento, dados sócio-económicos e de benefícios e encargos ambientais; ii) o estudo da EPA (EPA, 2008), que desenvolveu indicadores na área de planeamento,

viabilidade financeira, gestão, recursos humanos, operações, coordenação e conformidade; iii) e o estudo da Comissão Europeia (CE, 2010b), sobre dados de quantidade de resíduos, resíduos perigosos, prevenção, reciclagem, eliminação, recuperação energética e não-energética, benefícios ambientais e impactes. As taxas de reciclagem e valorização de resíduos têm sido também usadas pela OCDE como indicadores ambientais no domínio dos resíduos, assim como a taxa de deposição em aterro e o número de unidades de tratamento e deposição (OCDE, 1993), a intensidade de produção de resíduos (municipais, industriais, perigosos e nucleares) e indicadores resultantes da contabilização de fluxos de materiais e de resposta à minimização de resíduos (instrumentos fiscais e económicos) (OCDE, 2003).

A International Water Association (IWA) promoveu o desenvolvimento de sistemas de ID para o serviço de águas e resíduos, com a aplicação de Manuais de Boas Práticas, onde consolidou a importância da qualidade do serviço prestado. Também em termos institucionais, mas agora a nível nacional, o IRAR, enquanto regulador das entidades gestoras concessionárias de serviços de águas e resíduos, publicou em 2006 o “Guia de avaliação de Desempenho dos Operadores de Serviços de Águas e Resíduos” e em 2008 a versão 4 do “Guia de Avaliação de Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos Prestados aos Utilizadores”, elaborados no âmbito de um protocolo com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, que permitiu a avaliação da qualidade do serviço prestado pelas EG com base em indicadores de desempenho. A APA utiliza também dois indicadores relativos a resíduos que constituem o sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável - SIDS (APA, 2010), nomeadamente o “tratamento e destino final dos RU” (recolha selectiva, incineração, compostagem, aterro sanitário e lixeira) expresso em percentagem do total de RU e o “destino dos RU biodegradáveis” (reciclagem de papel/cartão, valorizados organicamente, valorizados energeticamente e aterro), em percentagem do total de RU.

Também nos artigos científicos publicados nesta área de investigação são diversos os indicadores definidos e aplicados, de acordo com os diferentes objectivos. Dall (2003) apresenta como indicadores vulgarmente utilizados para acompanhar a evolução e reciclagem de resíduos na Dinamarca, as quantidades totais *per capita*, para cada fluxo de resíduo/material e por tipo de origem (e.g. doméstica, comercial, indústria) e o padrão de distribuição pelos tipos de tratamento (e.g. tratamento especial, reciclagem, incineração e deposição em aterro, de acordo com hierarquia de resíduos). Berg (1993) propôs indicadores para avaliar os sistemas de separação na origem focados nas quantidades recolhidas, na qualidade, taxa de reciclagem, taxa de participação, vontade de participar e grau de satisfação dos utentes. Passarini (2011) aplicou a taxa de recolha selectiva de resíduos e Courcelle (1998) utilizou indicadores como a taxa de desvio e o rácio de refugo em instalações de recuperação de materiais para avaliar o desempenho dos programas de triagem. Dahlén e Lagerkvist (2010b) aplicaram a taxa de produção de resíduos, o rácio de separação na origem, os rácios de materiais no lixo residual, e o rácio de materiais mal triados como indicadores para avaliar os programas de reciclagem. Gallardo *et al.* (2010) aplicou a capitação anual de resíduos produzidos, a capitação anual de recolha selectiva, a percentagem em peso de cada fluxo no total recolhido e o índice de qualidade no contentor (de deposição de cada fluxo). Dahlén *et al.* (2009) analisou as variáveis que poderiam influenciar a produção de RU em 35 municípios suecos como o número de habitantes por ponto de deposição selectiva, a densidade populacional, o vencimento médio, o número de quilómetros quadrados por ponto de deposição selectiva, a ocorrência de recolha selectiva de proximidade e o tipo de cobrança do serviço. Jørgensen (2006) utiliza indicadores de energia e recursos para classificar os fluxos de resíduos e materiais em termos de seu impacto ambiental durante o seu tempo de vida. Hasome *et al.* (2001) utilizaram o conjunto de 13 indicadores para avaliar os sistemas de gestão de RU, destacando-se a quantidade diária descarregada per capita, a taxa de reciclagem, a capacidade disponível em aterro e o custo de tratamento por tonelada. Weng e Fujiwara (2011) propuseram alguns indicadores a considerar para avaliar o desempenho de programas 3R, como a taxa de geração de resíduos por capita, a taxa de recolha de RU, a população servida, a taxa de reciclagem ou o peso da despesa governamental na promoção de políticas dos 3R no PIB.

Para além dos indicadores operacionais ou técnicos, muito centrados em dados quantitativos (resíduos produzidos, recolhidos, tratados ou eliminados), outros investigadores centraram-se também em aspectos económicos e ambientais dos sistemas de gestão de resíduos. De facto, na década de 1990, a reciclagem foi amplamente incluída na maioria dos modelos utilizados para o planeamento estratégico da gestão de RU, sendo a redução dos custos do sistema o objectivo mais comum (Tanskanen, 2000). Diversos exemplos podem ser referidos: Hage (2008) utilizou indicadores de custo para comparar a recolha selectiva de resíduos domésticos de embalagens de plástico na Suécia; Larsen *et al.* (2010) utilizou as categorias da avaliação de impacte da análise de ciclo de vida, assim como os custos de recolha, as taxas de reciclagem, a eficiência da triagem e as quantidades de resíduos; Vidal (2001) desenvolveram índices de avaliação focados no desempenho legal, social, ambiental, e económico, para avaliar quatro práticas de pré-triagem em Espanha; e Gamberini *et al.* (2013) aplicou perfis de procura e índices de custos anuais para a gestão de resíduos, expressos como (€/ano) e (€/habitante.ano) em várias comunidades italianas.

Um dos factores chave para o desenvolvimento ou modificação de um sistema de recolha e transferência, indicados pela EPA (1995), são os custos de investimento e operação e o desenvolvimento de um sistema de avaliação de custos e desempenho do sistema (Martinho, 1999). No entanto, verifica-se que não há nenhuma base ou acordo comum para calcular os custos da reciclagem; não existe um padrão que defina que os custos devem ser incluídos (ou excluídos) ou como devem ser calculados (Waite, 1995). Uns determinam os custos absolutos outros os relativos (considerando as reduções do custo da recolha “normal” e os custos evitados do tratamento ou da deposição em aterro, em relação aos benefícios ambientais e económicos da poupança de recursos naturais, por exemplo), que requer a utilização de metodologias de análise de ciclo de vida económico dos materiais, que não é uma tarefa fácil (Martinho, 2006). A falta de uma abordagem padrão resultou em dados de custo incompletos ou imprecisos, com o risco de conduzirem à implementação de sistemas de reciclagem inadequados (Waite, 1995).

De facto, os custos iniciais de investimento, taxas realistas de depreciação, custos operacionais e custos de “*back-end*” (e.g. aterro de encerramento e pós-encerramento) devem ser determinados com muito cuidado e precisão (Taylor, 1999). Deve ser dada atenção não só aos requisitos globais de capital e de financiamento operacional, mas também aos fluxos de caixa, uma vez que nenhum programa para melhorar os serviços de gestão de RU será sustentável a menos que todos os custos sejam recuperados (Taylor, 1999). De facto, de acordo com o princípio da recuperação total de custos (*full-cost recovery*) e do poluidor-pagador²⁴, o custo de um sistema de RU deve ser suportado pelo cidadão, como utilizador do sistema e produtor dos resíduos (Reichenbach, 2008; CE, 2000). Para implementar o princípio da responsabilidade alargada do produtor²⁵, presente na política europeia de resíduos, é necessário um instrumento económico, uma taxa, paga pelos produtores para financiar todo o sistema de gestão de resíduos, aliviando, desta forma, os municípios do fardo financeiro da recolha e gestão desses resíduos: a taxa seria transferida para os gestores de resíduos, garantindo um apoio financeiro suficiente para as suas actividades de gestão de resíduos (Pires *et al.* 2015).

Os custos totais decorrentes de um serviço são ajustados em função dos subsídios e taxas, anualizados e depois imputados aos utilizadores (de acordo, teoricamente, com os custos de fornecimento do serviço) (CE, 2000). No caso dos resíduos, a tarifa a aplicar, directa ou indirectamente, deve ser calculada de modo a custear todos os encargos, nomeadamente os de investimento (i.e., aquisição de contentores, viaturas, estações de triagem e de tratamento) e os de exploração (i.e., salários,

²⁴ O Tratado de Maastricht reconhece que as políticas da UE devem basear-se no princípio do poluidor-pagador (artigo 130.º-R do Tratado).

²⁵ Indo para além do princípio do poluidor-pagador, a responsabilidade é alargada a todos os agentes envolvidos no ciclo de vida dos resíduos, nomeadamente o produtor da embalagem.

manutenções, consumíveis) (Levy, Oliveira e Brito, 2004), e ainda os custos de amortização, juros e fiscalidade (Satué, 2000), depois de somar as receitas provenientes dos recicláveis.

Tratando-se de um serviço de clara utilidade pública, o preço deve ser determinado assumindo que se está num cenário de eficiência operativa e alocativa, baseado em princípios de gestão profissional, que não penalizem o utente por eventuais ineficiências do sistema (Levy, Oliveira e Brito, 2004), mas o sector de resíduos em Portugal nunca contou nas suas metodologias de avaliação, ou raramente contou, à semelhança de outros serviços, com medidas de avaliação da satisfação do consumidor/utente (Martinho, 1999). Esta situação alterou-se com a aplicação de um sistema de avaliação do desempenho e qualidade dos serviços, introduzido em 2004 pelo IRAR (actual ERSAR), composto por 20 indicadores, e que evoluiu para o conjunto de indicadores actualmente em vigor aplicado pela ERSAR, que publicou um guia técnico orientador para a introdução de centros de custo intitulado “Apuramento de custos e proveitos dos serviços de águas e resíduos prestados por entidades gestoras em modelo de gestão directa”.

Os indicadores de desempenho podem também ser utilizados para avaliar as parcerias público-privadas no sector. Massouda, El-Fadelb e Malak (2003) apresentaram uma lista de indicadores de desempenho utilizados na avaliação de parcerias público-privadas na gestão de RU, como o pessoal e equipamentos necessários para realizar o serviço, o número de reclamações e tempo de resposta, o custo por tonelada recolhida, ou a idade média dos veículos de recolha. Importa referir também a relação inversamente proporcional entre os indicadores de desempenho do sistema de gestão em alta (tratamento e deposição) e em baixa (recolha): quanto maior o grau de separação na origem, maiores os custos de recolha mas menores os de tratamento, sendo os custos de tratamento sempre ultrapassados pelos da recolha (Waite, 1995).

Um instrumento económico-financeiro relevante para orientar o comportamento dos consumidores é a utilização do princípio *Pay as you Throw* - PAYT (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro), cuja implementação, para ser justa, também obriga ao conhecimento detalhado dos custos dos serviços e como eles são compostos (Reichenbach, 2008). De facto, estimativas de confiança dos custos são um pré-requisito essencial para um financiamento sustentável da gestão de resíduos, recuperação de custos e manutenção do sistema, devendo as tarifas ser calculadas de acordo. A adopção de sistemas PAYT modernos não tem como os únicos benefícios uma facturação transparente, a redução nas quantidades resíduos e o aumento do desvio para reciclagem, mas também constitui uma oportunidade de atingir as vantagens consideráveis na logística de gestão de resíduos e ajustar o planeamento dos serviços à procura real, acabando por compensar largamente os custos dos investimentos iniciais (Reichenbach, 2008; Bilitewski, From traditional to modern fee systems, 2008). O desenvolvimento de indicadores económico-financeiros é assim um desafio necessário e que pode suportar não apenas a concepção de um sistema de gestão de resíduos mas também a implementação de tarifas baseadas nos custos, designadamente as que visam traduzir o princípio do poluidor-pagador (Bilitewski, From traditional to modern fee systems, 2008).

Concluindo, os indicadores de custo mais utilizados são o “custo por tonelada de resíduos recolhidos”, “custo por tonelada de recicláveis processados”, o “custo por habitante servido ou por agregado familiar” ou o “custo por área servida” (Martinho, 2006; Waite, 1995). A associação dos indicadores técnicos aos indicadores de custo é conseguida com os indicadores compósitos como, por exemplo, a razão entre o custo por tonelada e a percentagem de desvio (Waite, 1995), que constitui uma medida do desempenho técnico de qualquer esquema de reciclagem, um dos indicadores de desempenho mais aplicados aos sistemas de gestão de RU (Martinho, 2006).

Baseado nos trabalhos de investigação e experiências empíricas dos autores que estudaram (Sanjeevi e Shahabudeen, 2015) sugerem, de forma simplificada, os seguintes indicadores-chave de desempenho para capturar todos os parâmetros essenciais:

- Custo da recolha por tonelada: custos incorridos para a recolha dos pontos onde se geram resíduos;
- Custo de transportes por tonelada: custos incorridos para o transporte de RU a partir de dos pontos de geração para os pontos de deposição (e.g. estações de triagem);
- Percepção social: percentagem de cidadãos não satisfeitos com o serviço de recolha de RU;
- Participação social: percentagem de lares que separam os recicláveis, compostáveis e outros.
- Impacte ambiental: percentagem de resíduos que é reciclado.

Estes indicadores são, no entanto, reflexo de uma preocupação de análise macro da evolução da gestão de resíduos no que diz respeito aos objectivos traçados pelas directivas, e necessidade de comparação entre os diversos países. Não se debruçam sobre a questão particular da análise da concepção dos diferentes sistemas de gestão e muito menos particularmente sobre a componente da recolha.

II.6.3.3 CLASSIFICAÇÃO DE INDICADORES DE GESTÃO DE RESÍDUOS

São muitos os indicadores utilizados para a avaliação do desempenho dos sistemas de gestão de RU, que podem ser classificados adoptando diferentes critérios.

Uma classificação mais abrangente, relativa ao indicadores ambientais, que ultrapassa portanto o âmbito da avaliação da gestão de resíduos, é a apresentada na recomendação da Comissão Europeia de 10 de Julho de 2003 (UE, 2003), para a implementação do EMAS (Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria), onde os indicadores ambientais são agupados em três categorias: os Indicadores de desempenho da gestão, que reflectem os esforços empreendidos a nível da gestão por criar as infra-estruturas e condições necessárias ao êxito da gestão ambiental; os Indicadores de estado do ambiente, que fornecem informações acerca da qualidade do ambiente envolvente à organização ou acerca do estado deste a um nível local, regional ou mundial; e os Indicadores de desempenho operacional, que representam os aspectos relacionados com o funcionamento de uma organização, as actividades desenvolvidas, produtos ou serviços oferecidos e abrangem os indicadores relacionados com emissões, reciclagem de produtos ou matérias-primas, consumo de combustível da frota de viaturas ou consumos energéticos.

Especificamente para o serviço de recolha, White *et al.* (1995), citado por (Martinho, 2006) dividiram os indicadores em duas categorias: os específicos de uma determinada área e os específicos do processo. Na primeira categoria incluem-se os indicadores que se aplicam a uma determinada área geográfica ou de jurisdição nacional, regional ou local, são indicadores globais de um determinado sistema de gestão de resíduos, nomeadamente a *taxa de desvio*, a *taxa potencial de desvio* e a *eficiência do desvio*, a *taxa de valorização e reciclagem*. Neste grupo de indicadores é clara a complexidade das interacções existentes nos sistemas de gestão de resíduos. Por exemplo, na *taxa de reciclagem dos diferentes fluxos de recicláveis*, definida pela razão entre a quantidade de material alvo em análise que é reciclada e a quantidade total de resíduos deste material produzida pelos residentes servidos, verifica-se que uma menor eficácia (em quantidade e qualidade) do sistema de recolha selectiva na gestão em baixa se irá reflectir no valor do indicador, independentemente da eficácia das operações de processamento dos resíduos em alta, a jusante da recolha. Quando aplicados a um fluxo específico de resíduos, que seja alvo de um objectivo ou meta estabelecida por uma Directiva Europeia ou plano estratégico nacional, tornam-se ferramentas essenciais para a sua monitorização, como é o caso dos resíduos de embalagens, sujeitos a uma meta europeia transposta para a legislação nacional através do PERSU 2020.

Na segunda categoria de indicadores incluem-se os que servem como ferramentas de gestão para avaliar a eficiência dos programas/sistemas em funcionamento. Estes indicadores podem aplicar-se à avaliação da participação dos consumidores/produtores de RU (indicadores comportamentais), ou ao processamento dos RU (Martinho, 2006). Muitas das variáveis que influenciam os indicadores comportamentais, podem resultar de opções técnicas na concepção e dimensionamento dos sistemas, que têm uma influência muito considerável na adesão da população. A *taxa de participação* depende da definição da área ou raio de influência dos pontos de deposição, um dado que é essencial na concepção dos sistemas de deposição selectiva mas que geralmente não é conhecido, uma vez que o seu conhecimento obrigaria à realização de inquéritos periódicos aos utentes, para determinar a distância que estão dispostos a percorrer para a deposição de recicláveis.

Estes grupos de indicadores não são estanques e podem ser usados em complementarmente. Por exemplo, a taxa de recuperação (ou de valorização e reciclagem) depende da participação e eficiência de separação dos produtores de resíduos (Tanskanen e Melanen, 1999).

A classificação de indicadores pode seguir uma abordagem completamente diferente, menos macro e mais focada em dados quantitativos por tipo de origem e destinos. Concretizando com um exemplo, para abordar as metas e objetivos da Estratégia Nacional de Gestão de Resíduos da África do Sul, foi selecionado um conjunto de indicadores, agrupados em “indicadores de produção de resíduos” e “indicadores de redução de resíduos”, sub-divididos em “indicadores de estado” e “indicadores de resposta”. No primeiro grupo foram definidos três indicadores de estado: a “quantidade global de resíduos produzidos por nível socio-económico por ano”, a “quantidade de resíduos produzidos *per capita*” e a “quantidade de resíduos perigosos produzidos por sector e por ano”. No segundo grupo, a “reciclagem de resíduos” e “valor dos resíduos reciclados” (indicadores de resposta), a “quantidade de resíduos correctamente eliminados no aterro” e a “quantidade de resíduos perigosos correctamente eliminados” (indicadores de estado), a “vida útil disponível do aterro” (indicador de pressão/estado), e a “despesa municipal na gestão de resíduos” e “capacidade municipal de recolha de resíduos” (indicadores de resposta) (Arendse, 2001).

(Martinho, 2006), agrupa os indicadores do serviço de recolha em (i) Indicadores globais de gestão do sistema, (ii) Indicadores comportamentais, (iii) Indicadores dos processos, (iv) Indicadores de custo, (v) Indicadores compósitos e (vi) Indicadores de avaliação da qualidade do serviço.

No primeiro grupo surge a “taxa de reciclagem”, que deve traduzir a percentagem total de RU efectivamente reciclada. Esta taxa pode-se calcular para o conjunto de resíduos encaminhados para reciclagem ou por fluxo de resíduo. Por exemplo no caso das embalagens, será a razão entre a quantidade de embalagens recolhidas e efectivamente recicladas e a quantidade total de embalagens disponíveis na corrente de resíduos produzidos (Martinho, 2006), pressupondo assim um balanço de massas. A “taxa de valorização” (que inclui a reciclagem – material e orgânica, importante na monitorização as metas da Directivas Embalagens e Directiva Aterro) e a valorização energética também pertence a este grupo, definida pela razão entre a quantidade de materiais alvo valorizados, produzidos pelos residentes servidos, e a quantidade total desses materiais alvo, disponíveis no fluxo de RU produzidos por esses residentes (Martinho, 2006). A “taxa de desvio”, “taxa potencial de desvio” e “eficiência do desvio” são também indicadores globais, que medem, respectivamente, a razão entre a quantidade total de RU recolhidos e enviados para valorização e a quantidade total de RU produzidos, a razão entre a quantidade total dos resíduos potencialmente recicláveis ou valorizáveis e a quantidade total de RU e finalmente, a razão entre a taxa de desvio real e a taxa de desvio potencial. A taxa de desvio de aterro é o indicador mais correcto e seguro para a avaliação de um sistema de gestão integrada de RU (Martinho, 2006).

Nos indicadores comportamentais incluem-se a “taxa de colocação dos recipientes à porta”, que mede o número de participantes que colocaram à sua porta os recicláveis num determinado dia de recolha,

face ao total de residências servidas, e a “taxa de participação” do sistema porta-a-porta, medida pela razão entre o número de residências que colocam os recipiente à porta pelo menos uma vez em quatro semanas, e o número total de residências servidas pelo sistema nesse mesmo período (Martinho, 2006). O princípio de cálculo da taxa de participação para o sistema de deposição colectivo é idêntico, mas é mais difícil de medir, por obrigar à determinação da área de influência dos equipamentos de deposição. A “eficiência ou taxa de recolha selectiva” também é um indicador comportamental e mede a qualidade da participação da população, pela razão entre a quantidade de material alvo recolhido por um programa de recolha selectiva, e a quantidade total desse material existente nos RU produzidos pelos residentes abrangidos (Martinho, 2006). A “taxa de captura” é a dada pelo quociente entre a taxa de recolha selectiva e a taxa de participação. O grau de contaminação dos resíduos recolhidos selectivamente é medido pela “taxa de contaminação”, que traduz a percentagem de resíduos “não-alvo” presentes no conjunto de resíduos recolhidos selectivamente (Martinho, 2006). O “rendimento do sistema de recolha” definido pela razão entre a quantidade total de cada material alvo recolhido de todos os locais de deposição e o número de utentes desses equipamentos e a “quantidade depositada por ecoponto por unidade de tempo” são indicadores comportamentais que traduzem a produtividade dos sistemas de recolha selectiva (Martinho, 2006).

Os indicadores dos processos são a “taxa de mercado” e a “taxa de refugo”. A taxa de mercado para é calculada pelo quociente entre a quantidade de um dado material vendido proveniente das estações de triagem, compostagem ou outra infra-estrutura de tratamento e a quantidade total desse material valorizado nessas estações (Martinho, 2006). A taxa de refugo é a razão entre a quantidade de materiais rejeitados pelas estações de triagem e enviados para deposição final e a quantidade recebida nessas estações (Martinho, 2006).

Parte dos indicadores apresentados em (Martinho, 2006) constam dos indicadores de reciclagem desenvolvidos pela ERRA (*European Recovery and Recycling Association*), que os agrupa, no entanto, em apenas duas categorias: “indicadores de impacte”, que descrevem a influência do programa de reciclagem sobre a gestão dos resíduos na região abrangida, como a “taxa de desvio”, por exemplo, e “indicadores operacionais”, específicos do processo e responsáveis pelos valores dos indicadores de impacte, que permitem avaliar a participação dos consumidores na política de reciclagem, as condições de recolha, triagem e reciclagem dos RU e a eficiência do programa em relação aos custos e receitas, como a “taxa de recolha selectiva” (Carvalho M. M., 2008).

Outra abordagem, mais segmentada e específica do serviço de recolha, é apresentada no estudo de comparação de sistemas de recolha indiferenciada em diferentes municípios da Escócia (Accounts Commission, 2000), onde os indicadores são agrupados em: (i) indicadores de custo, (ii) indicadores de serviço, (iii) indicadores de RH, (iv) indicadores de frota, (v) eficiência na utilização de recursos (vi) eficiência na definição de rotas e (vii) indicadores de contexto.

Os indicadores de custo são depois sub-divididos em: (i.a) custos brutos por tipo de recolha (indiferenciada, selectiva, recolhas especiais); (i.b) custos por parcela – recursos humanos, frota, administrativos e receitas (tarifas – percentagem de custos que está coberta). Os indicadores relativos ao serviço de recolha (operacionais) são divididos em (ii.a) eficiência do serviço – médias do número de visitas por viatura por semana e ano, toneladas recolhidas por ano, (ii.b) frequências de recolha por tipo de recolha, (ii.c) qualidade do serviço – reclamações, serviços especiais, (iii.d) toneladas recolhidas por ano e percentagem por tipo de recolha. Os indicadores de RH são divididos em (iii.a) dimensão das equipas de recolha, (iii.b) percentagem de absentismo por doença (motoristas e cantoneiros) e (iii.c) trabalho extraordinário e prémios (motoristas e cantoneiros). Os indicadores de frota são divididos em (iv.a) paragens por tipo de viaturas e (iv.b) percentagem de frota de reserva/substituição no total.

Os indicadores da utilização eficiente dos recursos dividem-se em indicadores para as viaturas e cantoneiros (quantidades diárias recolhidas por viatura ou cantoneiro) e capacidade não utilizada na

viatura em cada descarga. Os indicadores de eficiência na definição de rotas dividem-se em (vi.a) percentagem de km produtivos por volta, (vi.b) média de km por volta, (vi.c) média de toneladas por volta, (vi.d) média de toneladas por km produtivo, (vi.e) número de km por dia, (vi.f) toneladas por km e (vi.g) número de pontos recolhidos por dia. Finalmente, os indicadores de contexto foram divididos em (vii.a) tipo de propriedade servida, (vii.b), percentagem de km produtivos, (viii.c) *payload* das viaturas, (viii.d) dimensão da equipa, (viii.e) número de pontos recolhidos por km (produtivo e não produtivo), (viii.f) número de pontos por km produtivo.

Nas conclusões deste estudo destaca-se a necessidade dos municípios conhecerem os custos reais através da utilização de contabilidade organizada e centros de custo por tipo de recolha, separando as recolhas de resíduos domésticos das recolhas de resíduos comerciais, de forma a permitir os custos reais da oferta do serviço de recolha doméstica, em particular da recolha selectiva. No entanto, tal como reportado em (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001; Levy, 2004), não é comum o conhecimento dos custos desagregados por parte das entidades gestoras, que obriga ao recurso a único *input*, o custo total.

Outra abordagem também focada apenas no serviço de recolha, é a apresentada no Guia dos Resíduos Urbanos – Indicadores Técnicos, Económicos e Sociais desenvolvido em parceria pela Câmara Municipal de Lisboa, UTAD e FCT (CML, FCT e UTAD, 2015), que classifica as variáveis e indicadores em sete grupos, nomeadamente os: i) “indicadores de produção de resíduos e participação na reciclagem” como a capitação de resíduos ($\text{kg.hab}^{-1}\text{.ano}^{-1}$), os resíduos potencialmente recicláveis (%), o refugo dos resíduos recolhidos selectivamente (%), a taxa de apresentação (%), a taxa de participação (%), a taxa de recolha seletiva (%), a taxa de reciclagem (%) e a quantidade de resíduos enviados para reciclagem (t.ano^{-1}); ii) “indicadores de cobertura do serviço de recolha selectiva” como o raio de influência (m Pdep^{-1}), o número de equipamentos por habitante ($\text{equip.1000hab}^{-1}$) e o número de alojamentos com recolha seletiva (%); os iii) “indicadores de circuitos”, como o rácio entre distância efetiva e total (%), a distância total de recolha por tonelada (km.t^{-1}), a distância efetiva de recolha por tonelada (km.t^{-1}), o tempo total de recolha por tonelada (h.t^{-1}) e o tempo efetivo de recolha por tonelada (h.t^{-1}); “indicadores de produtividade de recursos humanos”, como o tempo de trabalho efetivo por tempo normal de serviço (%), o número de operacionais por quantidade de resíduos recolhidos (ope.1000t^{-1}) e a quantidade de resíduos recolhidos por assistente operacional por hora ($\text{t.ope}^{-1}\text{.h}^{-1}$); os iv) indicadores de frota”, nomeadamente o consumo de recursos energéticos por tonelada (tep.1000t^{-1}) e a emissão de gases com efeito de estufa por tonelada ($\text{kg CO}_2\text{.t}^{-1}$); os v) indicadores de custos económicos e receitas de serviço, com o custo por circuito ($\text{€}.\text{circ}^{-1}$), o custo por tonelada ($\text{€}.\text{t}^{-1}$), o custo final (recolha e tratamento) por circuito ($\text{€}.\text{circ}^{-1}$), o *break-even point* por circuito (t.circ^{-1}), o custo final por tonelada ($\text{€}.\text{t}^{-1}$) e o custo final por habitante ($\text{€}.\text{hab}^{-1}\text{.ano}^{-1}$); e finalmente o vi) índice global de avaliação custo-benefício, definido pelo custo final por tonelada recolhida/fração desviada ($\text{€}.\text{t}^{-1}\text{.}\%^{-1}$).

Finalmente, os indicadores de avaliação da qualidade do serviço, que devem medir a satisfação do consumidor/utente do serviço, como o desempenho, a aceitabilidade, a justiça e transparência do preço, a disponibilidade do serviço (Martinho, 2006), só recentemente viram a sua efectiva implementação a nível nacional com o sistema de avaliação da qualidade de serviço implementado às entidades gestoras pela ERSAR, que se tornou obrigatório desde 2011. Este sistema de avaliação, por sua vez, também cria classes de indicadores, que se distribuem em três grupos (LNEC e ERSAR, 2013):

- i. Adequação da interface com os utilizadores: pretendem avaliar se o serviço prestado aos utilizadores foi adequado, nomeadamente ao nível da maior ou menor acessibilidade física e económica que têm ao serviço e da qualidade com que o mesmo lhes é fornecido, que se sub-dividem em indicadores de acessibilidade do serviço e indicadores de qualidade do serviço;

- ii. Sustentabilidade da gestão do serviço: pretendem avaliar se estão a ser tomadas as medidas básicas para que a prestação do serviço seja sustentável, que se subdividem em indicadores de sustentabilidade económica, infraestrutural e produtividade física dos recursos humanos;
- iii. Sustentabilidade ambiental: pretendem avaliar o nível de salvaguarda dos aspetos ambientais associados às atividades da entidade gestora, que se sub-dividem em indicadores que medem a eficiência na utilização de recursos ambientais e indicadores que medem a eficiência na prevenção da poluição.

No “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestado - 2.^a geração do sistema de avaliação” publicado pela ERSAR (LNEC e ERSAR, 2013), são definidos os diferentes indicadores. Os indicadores de acessibilidade dividem-se em: “acessibilidade física do serviço”, definido, para as entidades gestoras de sistemas em baixa, como a percentagem do número de alojamentos com serviço de recolha indiferenciada a uma distância inferior a 100 m (inclui porta a porta) na área de intervenção da entidade gestora,); “acessibilidade do serviço de recolha seletiva”, definido como a percentagem de alojamentos com serviço de recolha seletiva por ecopontos (a uma distância máxima de cerca de 200 m) e/ou porta a porta, disponibilizado pela entidade gestora na sua área de intervenção; e “acessibilidade económica do serviço”, definido como o peso do encargo médio com o serviço de gestão de RU no rendimento médio disponível por agregado familiar na área de intervenção do sistema.

Os indicadores de sustentabilidade da gestão do serviço são calculados, em termos da “sustentabilidade económica”, pelo rácio entre os rendimentos e ganhos totais e os gastos totais. Para a “sustentabilidade infraestrutural” os indicadores para as entidades gestoras de sistemas em baixa dividem-se em “reciclagem de resíduos de embalagem”, definido como a percentagem de resíduos de embalagem recolhidos seletivamente na área de intervenção da entidade gestora; “renovação do parque de viaturas”, definido como a distância média acumulada por viatura afeta ao serviço de recolha de resíduos; e “rentabilização do parque de viaturas”, definido como o rácio da quantidade de resíduos recolhidos de forma indiferenciada pela capacidade anual instalada de viaturas de recolha. Na produtividade física dos recursos humanos, mede-se o indicador “adequação dos recursos humanos”, definido como o número total equivalente de empregados a tempo inteiro afetos ao serviço de gestão de RU por 1000 t de RU recolhidos na área de intervenção (entidades gestoras de sistemas em baixa).

Finalmente, os indicadores de sustentabilidade ambiental definidos para avaliar a eficiência na utilização de recursos ambientais, são a “utilização de recursos energéticos”, definido como o consumo total de combustível por 1000 toneladas de RU recolhidos indiferenciadamente na área de intervenção (entidades gestoras de sistemas em baixa). Para avaliar a eficiência na prevenção da poluição nas entidades gestoras em baixa, é definida a “emissão de gases com efeito de estufa”, como a quantidade total de emissões de CO₂ com origem nas viaturas de recolha indiferenciada por tonelada de resíduos recolhidos na área de intervenção.

II.6.3.4 INDICADORES UTILIZADOS NOS PLANOS ESTRATÉGICOS NACIONAIS DO SECTOR

O PERSU 2020, que constitui o instrumento de referência da política de gestão de RU em Portugal Continental, para além de definir claramente objectivos e medidas a implementar, apresenta também os indicadores-chave de monitorização (assim como as respectivas metas e valores de referência) a aplicar nos relatórios de avaliação bianuais da implementação do plano, nomeadamente:

- Quantidade de resíduos produzidos, em kg/(hab.ano);
- Preparação para reutilização e reciclagem, em percentagem de RU recicláveis;
- Preparação para reutilização e reciclagem, por sistema de gestão de RU, em percentagem de RU recicláveis;
- Deposição de RU biodegradáveis (RUB) em aterro, em percentagem de RUB produzidos;
- Deposição de RU biodegradáveis (RUB) em aterro, por sistema de gestão de RU;
- Retomas de recolha selectiva, em kg/(hab.ano);
- Retomas de recolha selectiva, por sistema de gestão de RU, em kg/(hab.ano).

O acompanhamento e o reporte relativo à implementação do PERSU 2020 constitui uma atribuição da ERSAR, tal como previsto na Lei n.º 10/2014, de 6 de Março, que aprova os estatutos desta entidade reguladora, pelo que se encontram em preparação pela ERSAR as necessárias alterações aos indicadores de avaliação da qualidade de serviço que decorrem da aprovação do PERSU 2020 (ERSAR, 2015). Neste contexto, será revisto o actual sistema de indicadores e alterado em conformidade o Guia Técnico n.º 19, que define o sistema de avaliação da qualidade do serviço, bem como os demais elementos e ferramentas associados ao reporte de informação neste contexto (ERSAR, 2015).

No plano anterior, no PERSU II, foi apresentado um sistema de indicadores bastante mais complexo, num total de cinquenta indicadores, dos quais oito estão directa ou indirectamente relacionados com os objectivos definidos para os sistemas em baixa. Destes oito, três são operacionais, por estarem directamente relacionados com opções de equipamento e logística de recolha e cinco são indicadores financeiros.

Os indicadores destacados na Tabela II-8 especificamente para a gestão em baixa estão relacionados com os restantes indicadores, uma vez que as acções e resultados conseguidos nos sistemas em baixa se reflectem, na sua maioria, nos resultados posteriormente atingidos em alta. Um dos exemplos mais evidentes é a relação entre a “execução do investimento adicional previsto na reciclagem selectiva multimaterial (RSM)”, incluído na Tabela II-8, e o “investimento adicional na triagem”, uma vez que os investimentos previstos na triagem dependerão sempre das opções e investimentos realizados a montante, na optimização da recolha selectiva multimaterial. Também os indicadores relativos a resíduos de embalagem dos vários materiais retomados para reciclagem, que não foram aqui incluídos, têm objectivos que resultam de medidas a implementar na gestão em baixa e em alta.

Tabela II-8 – Indicadores do PERSU II relacionados com a recolha (adaptado de (PERSU II, 2007))

Indicador	Definição
N.º de habitantes por ecoponto	Percentagem de aumento do rácio de habitantes/ecopontos relativamente aos objectivos definidos no PERSU II
Recolha selectiva multimaterial	Percentagem de resíduos recicláveis recolhidos selectivamente aos objectivos definidos no PERSU II
Reciclagem a partir de RSM	Percentagem de resíduos reciclados a partir de RSM, relativamente aos objectivos definidos no PERSU II
Execução do investimento adicional previsto na RSM	Percentagem de execução do investimento adicional previsto na RSM
Execução do investimento previsto no QREN em meios de deposição/recolha selectiva	Percentagem de execução do investimento previsto no QREN em meios de deposição/recolha selectiva
Execução do investimento previsto no QREN na logística com a recolha selectiva	Percentagem de execução do investimento previsto no QREN na logística com a recolha selectiva
Execução do investimento previsto no QREN na inovação na área da recolha e valorização	Percentagem de execução do investimento previsto no QREN na inovação na área da recolha e valorização
Aplicação do PAYT	Percentagem de municípios que aplicam o PAYT

Os indicadores definidos para monitorizar o cumprimento das metas estabelecidas apresentados no primeiro relatório de acompanhamento do PERSU II revelaram-se vantajosos, por permitirem identificar graus de cumprimento dos diferentes grupos de objectivos, e avaliar os que necessitavam de uma abordagem particular.

II.6.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DO SERVIÇO DE RECOLHA

II.6.4.1 VARIÁVEIS CRÍTICAS NA OPERAÇÃO DE RECOLHA

Os indicadores apresentados nos capítulos anteriores são “macro”, desenvolvidos essencialmente para avaliar o desempenho ou o cumprimento de objectivos e metas previamente definidos para um dado sistema de gestão de resíduos, e que reflectem o funcionamento do mesmo como um todo - gestão do serviço em alta e em baixa baixa.

Na gestão em baixa, a definição de indicadores que possam reflectir todas as variáveis determinantes para o sucesso de um sistema de recolha é bastante complexa, dependendo dos objectivos traçados e características inerentes aos sistemas de recolha, área geográfica e população a servir. Especificamente, a disponibilidade de indicadores consolidados é útil quando novos serviços de recolha de resíduos são projetados, e quando seu desempenho é avaliado após um período de arranque (Gamberini *et al.*, 2013).

Convém, no entanto, ser enfatizado que qualquer abordagem com recurso ao cálculo de indicadores do serviço de recolha precisa de uma vasta e detalhada base de dados que, por sua vez, exige que as organizações responsáveis pela recolha e publicação dos dados, tenham o cuidado de manter actualizado o banco de dados em relação aos parâmetros territoriais (Federico, Rizzo e Traverso, 2009), o que nem sempre acontece. Por exemplo, nos modelos tradicionais de ACV aplicados à gestão de resíduos, a fase de recolha não é abordada com o mesmo nível de detalhe que é dedicado ao tratamento, provavelmente porque é uma fase que requer muita informação (Teixeira, Russo e Bentes, 2014).

De facto, a programação dum sistema de recolha é uma operação complexa. Envolve decisões sobre o método de recolha a utilizar, o tipo e número de recipientes para a deposição dos recicláveis, o tipo e número de viaturas para a recolha selectiva, a frequência e horário da recolha, a ligação entre a recolha convencional e a recolha selectiva, o planeamento dos circuitos, a correcta afectação de pessoal, equipamento e recursos financeiros, o tipo de triagem a efectuar aos resíduos após a recolha, a forma de monitorizar o sistema e a formação, educação e sensibilização do pessoal e dos cidadãos (Martinho, 1998).

Para definir um sistema de recolha, devem ser recolhidos dados relativos à natureza do produtor de resíduos, volumes e composição dos resíduos gerados para que as necessidades de recolha de uma comunidade possa ser determinada (O'Leary e Walsh, 1995). Devem ser ainda obtidos os mapas das ruas e quarteirões a servir e determinar informações sobre o número de casas, vias de sentido único e ruas sem saída, assim como os padrões de tráfego (O'Leary e Walsh, 1995).

De facto, o elevado número de factores a ter em conta na modelação do problema da recolha de RU requer muita informação, nomeadamente (Sbihi e Eglese, 2007):

- i. Volume esperado e/ou peso dos diferentes tipos de resíduos a serem recolhidos e respectiva variação sazonal da produção;
- ii. Frequência actual da recolha (*i.e.* semanal, quinzenal, mensal) e potenciais opções futuras;
- iii. Tipo de recolha (*i.e.* recolha por adição, por substituição ou co-recolha);
- iv. Localização dos pontos de recolha e restrições ao seu acesso;
- v. Localização das infra-estruturas de deposição e tratamento e horas a que as mesmas se encontram em funcionamento;
- vi. Localização das garagens dos veículos e respectivas horas de abertura e encerramento;
- vii. Número e capacidades dos veículos disponíveis;
- viii. Requisitos em termos de recursos humanos, modo de operação dos turnos, horas diárias de trabalho e políticas relativamente a horas extraordinárias;
- ix. Restrições ao nível da rede viária, por exemplo, ruas muito congestionadas em horas de ponta, ruas muito estreitas, ruas só de um sentido;
- x. Custos associados à recolha e eliminação dos resíduos.

A recolha da informação necessária sobre um dado sistema de recolha pode ser feita de diversas formas. Para a monitorização dos custos e avaliação do desempenho de um sistema de recolha, (O'Leary e Walsh, 1995) propõem o registo diário por parte da equipa de recolha da seguinte informação:

- i. Quantidade total recolhida;
- ii. Distância total e número de deslocações de e para o local de descarga;
- iii. Quantidade depositada em cada descarga;
- iv. Tempos de espera no local de descarga;
- v. Número de cargas;
- vi. Problemas na viatura ou operacionais que necessitam de atenção.

Associada a esta, os mesmos autores acrescentam a informação que deve ser recolhida nos locais de descarga, nomeadamente informação sobre as viaturas, pesagens, assim como as horas de descarga.

Mas existem outras abordagens, mais recentes, que têm vindo a ser viabilizadas graças ao desenvolvimento de tecnologias que permitem a monitorização do serviço de forma mais automatizada. Em Faccio (2011) é delineada uma abordagem que propõe a gestão em tempo real de um sistema de recolha de RU usando dispositivos modernos de monitorização como sensores volumétricos, sistemas RFID, GPRS e de tecnologia GPS.

Especificando, em relação às variáveis utilizadas na análise de eficiência da recolha de resíduos, existe um amplo consenso sobre os factores de produção mais importantes, que também são necessários para alimentar os *softwares* de optimização de circuitos (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001; Sonesson, 2000; Johansson, 2006; Ghose, 2006; Levy e Cabeças, 2006; Tavares *et al.*, 2009; Anghinolfi, 2013; Rhyner, 1995): o número de contentores e sua distribuição geográfica, as localizações das centrais de tratamento e garagens, os tipos de veículos utilizados (expressos em termos de capacidade de recolha ou pelo número de quilómetros que eles percorrem), a rede rodoviária (distância percorrida, limites médios e de velocidade, a largura da rua, e restrições de sentido e mudança de direcção), a geração de resíduos em cada ponto de recolha, o peso específico de resíduos, o nível de enchimento dos recipientes (taxa de enchimento média ou taxa de enchimento em tempo real medida por sensores, nos modelos de optimização dinâmica), frequência de recolha (em modelos estáticos com frequências pré-determinados), tempo de recolha - dividida nas suas diversas partes ou operações unitárias (por exemplo, o tempo total para recolher contentores - produto do número de paragens e o tempo por paragem), e, claro, o número de trabalhadores ou número de horas de trabalho (o que torna possível homogeneizar o factor trabalho). Podem ainda discriminar diferentes subcategorias de *inputs*: por exemplo, os recipientes podem ser classificados de acordo com sua capacidade, os veículos de acordo com suas características especiais e, finalmente, os funcionários podem ser divididos entre operacionais e de suporte (técnicos, administrativos). O *output* principal é o número de toneladas de resíduos recolhidos e transportados para destino final, que se pode distinguir pelos vários tipos de resíduos (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001).

Os custos de recolha de RU são, principalmente, custo de pessoal, combustíveis e veículos, que inclui os custos de amortização, custos de capital e os custos de peças de reposição, manutenção e seguro (Dogan e Süleyman, 2003; Arribas, Blazquez e Lamas, 2010), considerando que são questões significativas na gestão de resíduos.

Existem ainda variáveis não controláveis pelos gestores que afectam o serviço, nomeadamente a distância percorrida entre os centros de recolha e o local de tratamento/descarga e a população sazonal (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001). Também a frequência de recolha tem implicações no custo, que por sua vez está dependente da natureza das habitações, do mecanismo de recolha, do clima, e mais significativamente, da presença ou ausência de resíduos alimentares (Hogg, 2001).

Numa abordagem completamente distinta do serviço, o relatório da ISWA (Kogler, 2007) compara os sistemas de recolha usando critérios quantificáveis, como o ruído, custos, volume de tráfego, segurança dos trabalhadores, e não quantificáveis, como o odor desagradável e higiene.

Da revisão bibliográfica que se desenvolve a seguir resultou que o agrupamento das variáveis e indicadores de desempenho de recolha poderia ser feito em três áreas de estudo – avaliação de desempenho técnico ou operacional, avaliação de desempenho económico e avaliação de desempenho ambiental.

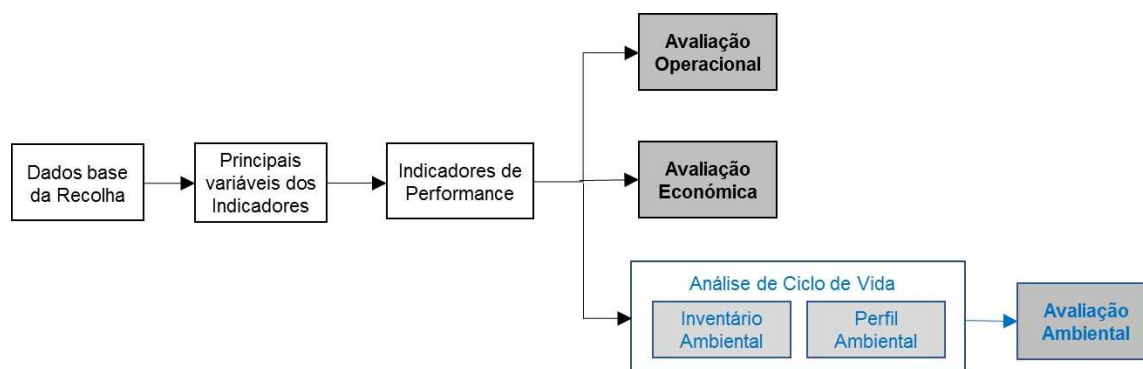


Figura II-29: Modelo de avaliação do desempenho dos sistemas de recolha de RU (adaptado de (Teixeira, Russo e Bentes, 2014)).

É assim importante definir o que se pretende avaliar com os indicadores de desempenho, uma vez que, por exemplo, um bom desempenho operacional nem sempre envolve um bom desempenho ambiental ou económico. Apesar de muitas das variáveis utilizadas nos indicadores destas três áreas de avaliação de desempenho serem comuns, os objectivos do presente estudo centram-se nos dois primeiros grupos – Indicadores operacionais e económicos, isto é, nas fases assinaladas a preto no diagrama da Figura II-29, aos quais os capítulos seguintes se dedicam.

II.6.4.2 INDICADORES DE RECOLHA OPERACIONAIS

Apesar da maioria dos indicadores encontrados na bibliografia se debruçarem sobre a análise macro da gestão de resíduos, existem autores que recorreram à definição e/ou cálculo de indicadores que versam especificamente sobre o desempenho do serviço de recolha de RU, e em particular sobre o desempenho operacional.

De acordo com García-Sánchez (2008), as variáveis de tonelagem e de pontos de recolha são os indicadores mais utilizados para identificar o produto final da actividade de recolha de resíduos, representando a massa de resíduos gerados e o número de lugares nas ruas onde os resíduos são recolhidos, respectivamente. Gamberini *et al.* (2009) definem como indicadores relevantes para o esquema de monitorização que propõem na avaliação de serviços de recolha existentes ou na concepção de serviços a implementar, os seguintes: quantidade média recolhida por hora de viatura (quociente entre a quantidade total anual recolhida e o número de horas total de utilização de veículos), quantidade média recolhida por hora de operador (quociente entre a quantidade total anual recolhida e o número de horas total de trabalho), tempo de recolha por contentor, quantidade média recolhida por contentor por semana e percentagem de resíduos recicláveis recolhidos no total.

A variável tempo é muito utilizada na avaliação e optimização deste serviço. Sonesson (2000) refere que os indicadores de tempo por tonelada recolhida, tempo por pessoa, tempo por residência servida e tempo para transporte são transversais aos diversos modelos de transporte de resíduos encontrados na literatura, sendo os resultados apresentados em minutos por tonelada. De facto, a redução do número de veículos e tempo de viagem total é o principal objetivo dos problemas de optimização de frotas encontrados na literatura: a distância percorrida, tempo de viagem e dimensão da frota necessários para a recolha de resíduos são optimizados em Benjamin (2010), Komilis (2008) e Sanjeevi e Shahabudeen (2016).

Outros autores adoptam abordagens diferentes. Del Borghi (2009) utilizou a frequência de recolha de resíduos e as distâncias de transporte de resíduos como exemplos de indicadores chave para o sector de resíduos, em particular para a recolha. Tai (2011) comparou a recolha selectiva na China por meio de indicadores capazes de lidar com área de cobertura, instalações acessíveis, a eficácia da separação e o comportamento dos cidadãos. Zaman (2014) identifica como indicadores prioritários para a recolha, os tipos de resíduos recolhidos separadamente, a distância percorrida para recolher uma tonelada de resíduos, a frequência de recolha, o tipo de recolha – formal ou informal, e a quantidade de resíduos recolhidos por unidade monetária dos custos da recolha. Federico, Rizzo e Traverso (2009) propõem como indicador de eficiência da recolha selectiva de resíduos, a relação da quantidade recolhida com o número de empregados utilizados.

O modelo de dimensionamento elaborado pela Deloitte em 2004 para o INR (Delloite, 2004) utiliza diferentes indicadores ou variáveis, como o número e a capacidade unitária das viaturas (assumindo uma taxa de enchimento média de 90%), o número e a capacidade dos ecopontos (assumindo uma taxa de enchimento média dos contentores de 65%), o tempo necessário por circuito, a distância média por circuito, o número médio de pontos visitados por dia, a frequência média anual de visita, o número de minutos disponíveis por viatura e o número de minutos dispendidos por viatura, entre outros. São também assumidos pressupostos relativos aos tempos de vida útil dos contentores e viaturas, densidades, velocidades médias, entre outros.

Federico, Rizzo e Traverso (2009), propõem uma série de indicadores para analisar o desempenho de um sistema de resíduos, nas suas características técnicas, ambientais e económicas, sendo possível destacar nos indicadores técnicos relativos especificamente à recolha, a taxa de recolha de resíduos recicláveis total e por fluxo (no total recolhido), número de contentores por 1000 habitantes e as emissões de CO na recolha selectiva (em kg de CO por tonelada recolhida), as toneladas de resíduos recicláveis obtidos por número de empregados, a distribuição de contentores de recolha multimaterial e as toneladas de recicláveis obtidos por serviço em relação à capacidade total do sistema.

Gallardo *et al.* (2010) propõem também um conjunto de indicadores para quantificar a eficiência de quatro sistemas de recolha selectiva em Espanha, nomeadamente a taxa de produção anual de resíduos por habitante, a quantidade total de resíduos recolhidos selectivamente por habitante (discriminado por fluxo/material), a quantidade total de resíduos recolhidos em contentores para cada material em relação à quantidade total de RU e a quantidade de resíduos recolhidos correctamente no contentor destinado a esse material em relação à quantidade total de resíduos recolhidos nesse contentor.

Um estudo de *benchmarking* realizado na Escócia (Accounts Commission, 2000), avaliou a evolução do serviço de recolha usando como indicadores as toneladas recolhidas, o custo bruto da recolha, o número de trabalhadores, o método principal de recolha, a frequência de recolha, o custo bruto por tonelada recolhida, as toneladas recolhidas por viatura e por dia (incluindo viaturas de reserva) e as toneladas recolhidas por operador e por ano. O mesmo estudo destaca a importância da avaliação da taxa de absentismo, o bónus pago aos trabalhadores e a percentagem de viaturas de reserva da frota.

Num estudo conduzido em Lisboa, Santos, *et al.* (1994) propõem como indicadores de produtividade e caracterização dos circuitos de recolha deste município, a capacidade instalada e adequação da mesma (em kg e em percentagem, respectivamente, sendo a última obtida pela relação entre a capacidade instalada e os resíduos removidos), a capitação de RU (em kg/hab.dia), a razão entre as horas de trabalho efectivo e o horário normal, o tempo de espera (“tempo não utilizado”) por quilómetro percorrido (min/km), o tempo de espera por hora de trabalho efectivo (min/hora), a quantidade de RU removidos por km de recolha efectiva (kg/km) e por hora de trabalho efectivo (ton/hora), o coeficiente de concentração dos circuitos, a velocidade média de trajecto e o número de avarias por número de serviços efectuados.

Para avaliar a produtividade dos circuitos de recolha indiferenciada de Loures e Sintra, Moreira (2008) propõe uma diversidade grande de indicadores operacionais e de produtividade. Nos indicadores operacionais recorre a indicadores comuns de caracterização do circuito, como a capacidade instalada (contentorização, em m³), a quantidade média de RU recolhidos por circuito/dia, o número de fretes por circuito e consumo de combustível por circuito. Faz também uma caracterização das diferentes fases que se podem identificar num circuito, diferenciando os tempos e distâncias totais por circuito dos tempos e distâncias efectivas por circuito, acrescentando o tempo de transporte, o tempo médio de recolha por ponto, o tempo e distância no local de deposição e o tempo e distância de e para a garagem. Nos indicadores de produtividade propõe a quantidade de RU removidos por km efectivo, por ponto de recolha e por hora de trabalho efectivo, o coeficiente de concentração do circuito, a velocidade média, o número de pontos e de voltas por circuito, o consumo de combustível por quilómetro e a razão entre o horário efectivo e o horário normal de trabalho.

Num estudo base desenvolvido pela Ecogestus para a Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis sobre os circuitos de RU neste município (Ecogestus, 2008), após a recolha de dados relativos à localização dos contentores, tempos de recolha, distâncias e características dos veículos, entre outros, foram calculados indicadores relativos à produtividade por dia da semana, definida pelo quociente entre a quantidade recolhida e as horas de trabalho, e entre a capacidade média e máxima registadas (em kg) nas descargas e a capacidade máxima útil nominal dos veículos.

Teixeira, Russo e Bentes (2014) adoptam uma abordagem diferente, propondo um número reduzido de indicadores de desempenho chave para uma avaliação operacional, económica e ambiental da recolha de RU, usando a ACV para a avaliação ambiental. Esta abordagem de avaliação de desempenho é normalizada pelo peso do material recolhido podendo os resultados ser agrupadas por tipo de contentor, veículo, e resíduos. As variáveis aferidas à quantidade de resíduos recolhidos que definem os indicadores operacionais definidos são: a distância total e efectiva de recolha, o tempo total e efectivo de recolha, o consumo de gasóleo e a produtividade da equipa de recolha (quantidade recolhida por número de membros da equipa de recolha e tempo) (Teixeira, Russo e Bentes, 2014).

Cardoso (2014) desenvolveu um conjunto de indicadores de desempenho para a caracterização do sector e avaliação dos serviços de RU prestados em Portugal, em alta e em baixa, com o objetivo de complementar os indicadores da ERSAR e rentabilizar os dados recolhidos no âmbito do processo de avaliação da qualidade do serviço pela mesma entidade, bem como sua articulação com os objetivos do PERSU 2020, dos quais se destacam a “resposta às necessidades de contentorização por alojamento” e as “emissões de GEE nos veículos de recolha selectiva”.

Outro estudo que pode ser referido, teve por objectivo avaliar a eficiência dos serviços da recolha indiferenciada em 75 municípios da região da Catalunha, Espanha, comparando o tipo de serviço prestado (publico *versus* privado) através de modelos paramétricos e análises não-paramétricas para identificar as melhores práticas adoptadas no serviço de recolha indiferenciada (Bosch, *et al.*, 2001). Os autores optaram por focar o estudo nas quantidades e não em variáveis de custo, tendo seleccionado as seguintes (aferidas à quantidade, em toneladas, de resíduos indiferenciados recolhidos): número de contentores, número total de veículos e número total de trabalhadores directos (expressos em número de dias completos de trabalho). Para além destas variáveis, os autores referem a importância da adopção do número de quilómetros realizados pelas viaturas de recolha, a sua capacidade e características técnicas assim como as categorias dos trabalhadores.

Carvalho (2008) recorre a indicadores relacionados com a saúde e segurança no local de trabalho para avaliar o desempenho da gestão do serviço de recolha indiferenciada, propondo por exemplo o número de acidentes de trabalho por trabalhador e ano e o número de dias de baixa por ano. Para avaliar o desempenho operacional, o mesmo autor define “indicadores de instalação”, como a capacidade total da contentorização instalada e número total de contentores no conjunto dos circuitos de recolha, e

“indicador de serviço” a quantidade de RU recolhida por ano e por dia. Utiliza ainda os indicadores de caracterização dos circuitos, como o número de fretes por circuito e por dia, a distância e tempos efectivos e de transporte, a distância e tempo no local de deposição, a distância e tempo de a para a garagem e a distância e tempos não produtivos (e.g. pausas ou actividades não relacionadas com a actividade de recolha - almoço, trocar uma viatura em estado inadequado para prosseguir a recolha), que permite depois obter a quantidade recolhida por quilómetro – total e efectivo e a quantidade recolhida por hora de trabalho – total e efectivo.

Vários modelos preveem o consumo de *diesel* durante a recolha de resíduos com base em informações pormenorizadas sobre o número de pontos (paragens), número de contentores por ponto, a distância entre pontos, entre outros (Sonesson, 2000). Nguyen e Wilson (2010) estudaram as taxas de consumo de combustível de dois tipos de viaturas diferentes durante diferentes actividades de recolha (ou fases do circuito), para avaliar a eficácia potencial de alguns métodos possíveis para reduzir o consumo, utilizando a quantidade de combustível consumido por tonelada recolhida e kg CO₂ equivalente por tonelada recolhida. Larsen *et al.* (2009) forneceram dados sobre o consumo de diesel por tonelada de resíduos recolhidos para uma série de fracções de resíduos e sistemas de recolha e avaliaram as emissões provenientes da combustão de diesel por meio de uma abordagem de análise de ciclo de vida. Neste estudo, avaliou-se, entre outros dados, o número de viagens de recolha por dia, o consumo total de *diesel* por dia, a distância total percorrida naquele dia, o peso de cada carga de resíduos, e o peso líquido da viatura usada. No mesmo estudo, a quantidade de *diesel* utilizado para a fase de transporte foi estimado por um *software* de simulação de transporte com base na suposição de correlação linear entre o peso bruto do veículo (tonelada) e consumo de diesel (L⁻¹ km): para a fase de recolha foi calculado como o uso total de *diesel* do dia menos o consumo de diesel para o transporte (estimado) e dividido pela quantidade total de resíduos recolhidos naquele dia.

Resumindo, a maioria dos indicadores operacionais relativos à avaliação da execução do serviço encontrados na bibliografia têm por base as quantidades recolhidas, que podem ser referidas em termos de tempo (turno, dia ou ano) e/ou distâncias percorridas.

Para além destes, existem ainda indicadores operacionais relativos à avaliação da cobertura geográfica do serviço. De facto, relativamente à deposição selectiva em ecopontos de deposição colectiva, o indicador mais vulgarizado para aferir a cobertura deste serviço para a população, é a *densidade do ponto de recolha selectiva*, definido com base na razão entre o número de residentes que vivem numa determinada área, e o número de pontos de recolha selectiva disponíveis nessa área para a recolha selectiva dos materiais alvo (Waite, 1995). Este indicador traduz-se no “número de habitantes por ecoponto”, constituindo, por exemplo, um dos indicadores definidos no PERSU II. De acordo com Levy e Cabeças (2006), como regra, em zonas urbanas é distribuído um ecoponto por cada 500 habitantes, enquanto que nas zonas rurais é um por cada 300 habitantes. García-Sánchez (2008) utilizou também a densidade dos pontos de recolha como um indicador, expresso como o número de pontos de recolha por quilómetro quadrado. Na avaliação da qualidade de serviço, a ERSAR utiliza o indicador da “cobertura do serviço” e “cobertura do serviço de recolha selectiva”, considerando que existe cobertura do serviço se a distância máxima ao ponto de deposição seja igual ou inferior a 100 e 200 metros, para a recolha indiferenciada e selectiva, respectivamente (LNEC e ERSAR, 2013).

No que respeita a indicadores que caracterizem o equipamento, não existem muitos trabalhos publicados, no entanto, os catálogos de fornecedores de contentores e viaturas apresentam as variáveis consideradas mais determinantes na caracterização dos mesmos. Por exemplo, nos contentores, são habitualmente indicadas as dimensões do corpo do contentor (altura, largura, fundura), a tara, capacidade e carga nominal e com menor frequência são indicadas as dimensões das bocas de deposição e características de acessórios/opções (Contenur, 2015; Sulo, 2015). Também nos documentos criados pelos serviços responsáveis pela recolha de resíduos, como os guias com as regras e linhas de referência para o serviço recolha, se encontram indicações sobre as variáveis a

cumprir, para normalizar os equipamentos utilizados na área/município em questão. Por exemplo, o guia produzido pelo Departamento de Gestão de Resíduos Sólidos de Edimburgo (Department of Solid Waste Management, 2012) indica as capacidades e tipos dos contentores a usar assim como as dimensões *standart* dos diferentes veículos de recolha e raios de curvatura, de forma a suportar o planeamento e projectos de urbanismo. Andrews *et al.* (2013) analisaram três diferentes tipos de recipientes de interior para deposição selectiva, com indicadores relacionados com o peso dos materiais recicláveis nos contentores e a percentagem de materiais recicláveis. Petersen e Berg (2004) analisaram as características dos resíduos nos diferentes contentores dos centros de reciclagem, nomeadamente através da estimativa dos pesos específicos em contentor.

II.6.4.3 INDICADORES DE RECOLHA ECONÓMICOS

Não existe nenhum sistema de recolha selectiva que seja mais eficiente em termos económicos qualquer que seja o contexto, uma vez que a eficiência económica depende de muitos factores (Satué, 2000). Por exemplo, os custos da recolha de recicláveis variam em função da dimensão da equipa de recolha, capacidade da viatura, taxa de participação, distância entre paragens, entre outros factores.

As metas para a taxa de recuperação adoptadas na UE são exigentes e aumentam os custos totais da gestão de resíduos municipais, como resultado da separação na fonte, que divide a massa total de resíduos em fluxos de resíduos separados, resultando num aumento do número de elementos funcionais e interdependências nos sistemas de gestão de resíduos, e consequentemente no aumento do número de recipientes e quantidade de trabalho (Tanskanen e Melanen, 1999). Este efeito também foi relatado por Tanskanen e Kaila (2001), que verificaram que o volume de recipientes necessário por tonelada de resíduos aumentou quando os resíduos mistos foram divididos em vários fluxos de resíduos. Este cenário não é novo, nem exclusivo dos países europeus. Nos EUA, depois de instaladas as infra-estruturas básicas de gestão de resíduos até meados da década de 1970, quando o custo da recolha de resíduos representava cerca de 70 a 75% do custo total de gestão de RU, os gestores e engenheiros voltaram sua atenção para a redução dos custos de recolha (Ross, 2010).

A EPA (1995) indica como factores chave para o desenvolvimento ou modificação de um sistema de recolha e transferência, os custos de investimento e operação dos sistemas de recolha e o desenvolvimento de um sistema de avaliação de custos e de desempenho dos mesmos. Também de acordo com a OCDE, a despesa total com a recolha de resíduos, tratamento e deposição fornece uma indicação geral dos esforços financeiros da sociedade para lidar com os resíduos (OCDE, 1993). A desvantagem da aplicação de modelos de custo é o facto dos dados de custo terem que ser precisos e representativos do caso de estudo específico, uma vez que o uso de dados de custo padrão nem sempre é uma abordagem segura (Komilis, 2008). Acresce que os dados de custo podem não estar facilmente disponíveis e, ocasionalmente, vários pressupostos têm de ser assumidos (Komilis, 2008).

Factores como a localização, a quantidade de RU, a sua composição, o contexto social, o tipo de tecnologia utilizada na sua recolha, as distâncias percorridas no transporte e os recursos humanos utilizados, encontram-se entre os condicionantes dos custos do sistema de gestão (Karadimas, Papatzelou e Loumos, 2007). Greco *et al.* (2014) também se referem aos múltiplos factores que afectam os custos da recolha de RU, indicando as características do município, tais como a sua dimensão, densidade populacional, as características da área a servir (e.g. distâncias, altitude, rede de estradas), a quantidade e a qualidade dos resíduos a recolher e os mecanismos e tecnologias usadas para os recolher e transportar.

No Guia Técnico da ERSAR relativo ao apuramento de custos e proveitos dos serviços de recolha, (ERSAR, 2012) são apresentados exemplos de exercícios reais de entidades gestoras, sendo considerados os seguintes custos de gestão de resíduos:

- Amortizações e custo de operação dos activos dedicados, como sejam os contentores e papeleiras;
- Custo de operação das viaturas (incluindo os seguros, combustíveis e outros fluidos);
- Custos com o pessoal directamente afecto à actividade de gestão de RU;
- Custos com pessoal que não está exclusivamente afecto ao RU (e cuja chave de repartição foi definida pelos responsáveis pelas respectivas unidades orgânicas);
- Consumíveis, designadamente os suportados com economato, vestuário e material diverso;
- Administrativos, que inclui os custos as instalações; electricidade, higiene e limpeza, seguros, segurança, amortizações dos edifícios, conservação dos edifícios e comunicações, equipamento administrativo e informático.

Entre os autores que analisaram os sistemas de recolha através de variáveis e indicadores financeiros, o custo total da recolha é uma variável que é transversal. De facto, Hogg (2001) afirma que os custos de recolha de resíduos têm sido tipicamente relatados no passado em termos de custo total por tonelada para os resíduos indiferenciados e/ou para diferentes materiais, enquanto Del Borghi (2009) afirma que a eficiência da recolha pode ser avaliada através de indicadores de desempenho chave, como a frequência da recolha, distância para local de eliminação e custo total e Federico, Rizzo e Traverso (2009) propõem uma série de indicadores para analisar o desempenho técnico, ambiental e económico de um sistema de resíduos, sendo de destacar como indicador económico o custo total da recolha selectiva por kg de resíduos.

Também num estudo baseado em dados reais sobre 81 municípios catalães com o objetivo de fornecer às autoridades locais informações reais e precisas sobre os custos de gestão de resíduos, comparando os modelos de recolha porta-a-porta e colectiva, o indicador que foi considerado o mais adequado foi o custo de gestão global por habitante registado (Sora e González, 2014). Teixeira, Russo e Bentes (2014) definem como indicadores económicos para avaliação do desempenho da recolha, o custo total da recolha (Investimento anual, necessidades de capital e despesas operacionais da recolha - colocação de contentores e de manutenção, recolha e transporte para o local de deposição) por quantidade de RU recolhida (por circuito), o custo total da recolha por habitante e o custo total da recolha por fogo ou habitação. Qualquer um destes indicadores podem depois ser divididos em recolha indiferenciada e selectiva ou mesmo discriminados por fluxo de resíduo, dependendo dos objectivos e informação disponível.

Importa no entanto referir que o indicador típico de custos de recolha - custo por tonelada – pode ser enganoso, especialmente na recolha indiferenciada, uma vez que o indicador pode devolver valores mais elevados em zonas onde se promove a prevenção da produção de resíduos, a recolha selectiva de recicláveis e a compostagem.

Outros autores discriminam os custos globais nas suas diversas parcelas, onde se destacam os custos de amortização de equipamento, os custos de manutenção, os custos de combustíveis e os custos de mão-de-obra (Levy e Cabeças, 2006). De facto, Miller e Delbridge (1995), citado em Martinho (1998) referem que as componentes dos custos mais importantes na recolha dos RU, são os custos de mão-de-obra (47-56% do total de custos), seguidos dos da frota (22%), estas duas componentes representam, em média, 80% dos custos totais da recolha; os restantes custos repartem-se por construções e utilidades (3%), administração (12%) e outros (5%). Os custos de mão-de-obra resultam naturalmente do tamanho da equipa de recolha, que depende directamente do método de recolha (Rodrigues, Martinho e Pires, 2013). Para os equipamentos devem ser considerados o custo de capital inicial, os custos anuais de manutenção e operação, e o tempo de vida previsto para cada equipamento

(O'Leary e Walsh, 1995; EPA, 1997; EPA, 1999). No modelo utilizado em Simões, Cruz e Marques (2012) para analisar a eficiência da recolha em 196 operadores de recolha em Portugal, utilizaram-se como *inputs*, as seguintes variáveis: pessoal, veículos e outras despesas de funcionamento (outros custos operacionais subtraídos os custos de pessoal). Komilis (2008) considerou o custo de amortização das viaturas de recolha, o custo de transporte por tonelada e distância percorrida, o número de funcionários por viatura e custos de mão-de-obra. Carvalho (2008) propõe como indicadores de desempenho financeiro a poupança anual de combustível e poupança anual na manutenção das viaturas de recolha, definidos pela diferença no valor monetário gasto no ano anterior e ano corrente. A sua proposta inclui também o custo total da recolha indiferenciada (composto por vários custos como o custo de manutenção das viaturas, custo resultante do consumo de combustível, custo das equipas, custo dos contentores, custo resultante de multas, entre outros), o custo por tonelada recolhida e o custo por habitante servido.

Em Santos *et al.* (1994) procedeu-se ao desenvolvimento de indicadores com o objectivo de avaliar a produtividade e os custos do serviço de recolha de RU do município de Lisboa. Os dados de custo de recursos humanos foram abordados de uma forma bastante detalhada, discriminando por tipo de categoria profissional/função, e desagregando os encargos em vencimento base, horas extraordinárias, subsídio de insalubridade, serviço nocturno, encargos sociais e outros. A mesma abordagem foi seguida nos custos da frota, onde foram considerados os combustíveis, seguros, acidentes, lavagem, manutenção (materiais e mão-de-obra), pneus e amortização das viaturas, para os dois tipos de viaturas avaliados. Foram depois definidos indicadores, nomeadamente o “custo global anual” de três componentes de custo – pessoal, frota e outros; o “custo por serviço prestado”, como o custo total por kg removido e custo total por habitante servido (discriminados também nas três componentes de custo); “indicadores de custo médio”, como as remunerações médias por categoria, e na frota o custo de combustível, custo de reparações de acidentes, de lavagem, de manutenção/materiais, de manutenção/mão-de-obra e de pneus, todos aferidos aos km percorridos. Também relativo à frota foram determinados o custo anual de seguros e de amortização por viatura-tipo. Para os contentores foi definido o custo médio anual de amortização, para as diferentes capacidades, e para o fardamento o custo unitário médio anual de amortização da farda, para motoristas e cantoneiros.

Num estudo base desenvolvido pela EcoGestus para a Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis, sobre os circuitos de RU neste município (Ecogestus, 2008), e em particular no que respeita aos custos de operação da frota, foram calculados os custos com combustível, manutenção e amortização (€/viatura.ano), incluindo os custos de capital, e seguros, cuja soma resulta no custo total dos veículos (€/ano).

Ainda sobre o conhecimento das variáveis dos custos de recolha, importa referir o modelo de cálculo dos valores de contrapartida que a *Deloitte* desenvolveu em 2004 para o INR (Delloite, 2004), construído numa folha de cálculo excel, que incorpora vinte folhas de computação dos custos das operações de recolha selectiva, triagem, recolha indiferenciada e aterros, de forma a permitir o apuramento do valor de contrapartida por material. Neste estudo são discriminados todos os custos unitários da recolha, nomeadamente os custos de aquisição (por fluxo de resíduo), manutenção e seguro da contentorização, das viaturas de recolha e dos ecocentros e custos com pessoal afecto à operação de recolha, por categoria. São também indicados os custos de combustível.

Diversos autores utilizam a análise económica-financeira para promover a optimização de circuitos. De facto, a optimização em sistemas de RU foi principalmente conseguida através da minimização do custo total, sendo a maioria dos sistemas estáticos em vez de dinâmicos (Badran e El-Haggar, 2006). Quando estão disponíveis dados de custo precisos, o modelo de optimização de custos é mais confiável em comparação com modelos baseados em dados de tempo (Komilis, 2008), apesar destes últimos serem mais fáceis de desenvolver, uma vez que se baseiam em dados prontamente disponíveis (distâncias entre pontos e velocidades médias). De acordo Viotti (2003) os algoritmos de optimização de circuitos

de recolha têm por objectivo minimizar a actividade e os custos relacionados, tais como a distância total percorrida pelos veículos de recolha ou o custo total de recolha. Hashimoto *et al.* (2006), generalizam o problema padrão de definição de rotas de veículos, permitindo restrições na janela de tempo e de tempo de viagem, em que ambas as restrições são tratadas como funções de custo. No modelo de optimização de custos desenvolvido, Badran e El-Haggar (2006) utilizaram os custos fixos e variáveis para modelar custo total da recolha como uma função da quantidade de RU, e incorporaram os coeficientes de custo de transporte separadamente, um expresso por tempo e carga transportada (\$/ton.h), para expressar o custo de mão-de-obra, e um expresso por distância e carga transportada (\$/km.t), para expressar custo de combustível e manutenção.

II.6.4.4 ESTADO DA ARTE, LACUNAS E SÍNTESE DOS FACTORES DE DESEMPENHO

A revisão da literatura evidencia o conflito entre os objectivos de reciclagem e de eficiência dos circuitos de recolha, acompanhada pela necessidade de implementar tarifas de serviço baseadas no princípio do poluidor-pagador. Sendo a recolha a componente mais significativa dos custos de gestão de resíduos, esta necessidade deve ser acompanhada pelo conhecimento dos custos envolvidos nos diferentes sistemas de recolha de gestão de RU.

Da análise das variáveis e indicadores que resultaram da revisão bibliográfica retira-se um elemento comum: todos se concentram no desempenho do serviço prestado sem o relacionar com a tecnologia utilizada, deixando os contentores e veículos para segundo plano. De facto, pouca pesquisa se tem debruçado sobre o desempenho do conjunto contentor-veículo para suportar o planeamento estratégico de sistemas de recolha de resíduos.

Desta análise também resultou a relação entre o desempenho operacional e económico: as variáveis que traduzem a eficiência do processo de recolha de resíduos (como os turnos, força de trabalho e utilização do veículo) são significativas para determinar os custos da recolha (Greco *et al.*, 2014), pelo que a análise económica dependerá sempre de uma análise de variáveis operacionais.

Sistematizando, são vários os factores com relevância no serviço de recolha, mas três devem ser destacados, nomeadamente o consumo de combustível, os meios humanos e os equipamentos, que cruzados com a variável que caracteriza a produtividade do sistema – a quantidade recolhida, permitem avaliar o seu desempenho:

i. Consumo de combustível

Um factor de importância inegável para o serviço de recolha é o consumo de combustível, que naturalmente depende de uma variável determinante no desempenho do serviço, que é a distância percorrida. De facto, a optimização da recolha de resíduos tem geralmente como objectivos a redução de custos e de emissões poluentes, ambos dependentes da redução da distância percorrida e assim do consumo de combustível (Abdelli *et al.*, 2016; Hashimotoa, 2006; Sanjeevi e Shahabudeen, 2016). O consumo de *diesel* por tonelada de resíduos recolhidos dependerá de uma série de factores relacionados com a própria viatura de recolha, as características dos resíduos, área de recolha, a orografia do terreno, a distância até o ponto de descarga e o motorista (Larsen *et al.*, 2009). Teixeira, Russo e Bentes (2014) e Eisted (2009), verificaram que o consumo de combustível por tonelada é mais elevado na recolha de materiais com baixa densidade (recolha de embalagens, quando comparada com a recolha de vidro, por exemplo). Larsen *et al.* (2009) concluíram também que o consumo de diesel é proporcional à densidade de resíduos ou população, no entanto, os elevados desvio-padrão obtidos sugeriram que mesmo dentro do mesmo tipo de área, o consumo de diesel por tonelada de resíduos

recolhidos varia substancialmente. Possíveis causas poderiam ser a variação de resíduos ou a densidade populacional dentro da área; diferenças no comportamento dos condutores, ou variação causada pelo uso de viaturas de diferentes tamanhos na mesma área. Acresce ainda que as viaturas de recolha de resíduos são muito pouco eficientes em termos de combustível e queimam uma grande quantidade de combustível quando em ralenti (Nguyen e Wilson, 2010).

Concluindo, o consumo de combustível depende de diversos factores, no entanto, estimar o consumo de combustível que ocorre durante a aceleração, condução e compactação dos resíduos, é uma parte essencial de qualquer tentativa de reduzir os custos de recolha de resíduos e os impactes ambientais associados (Nguyen e Wilson, 2010).

ii. Recursos humanos

O processo de recolha de RU é altamente condicionado à oferta de capital e recursos humanos (García-Sánchez, 2008; Hogg, 2001), que por sua vez depende de uma variável determinante no desempenho deste serviço, que é o tempo despendido durante a operação. A dimensão ideal da equipa de recolha, que pode ter um grande efeito sobre os custos totais, depende dos custos de mão-de-obra e custos dos equipamentos, métodos de recolha e características dos circuitos, assim como das condições nos contratos celebrados com os sindicatos (O'Leary e Walsh, 1995).

Os custos de mão-de-obra representam habitualmente uma fracção significativa dos custos de recolha, frequentemente na ordem dos 50% (Hogg, 2001). Apesar de equipas com apenas um elemento tenham a maior percentagem de tempo produtivo, muitos municípios usam equipas maiores, ou porque as próprias viaturas não permitem a utilização de apenas um operador, ou porque querem proporcionar um nível de serviço mais elevado (O'Leary e Walsh, 1995). Estas equipas maiores podem ser mais eficientes se forem treinadas e incentivadas correctamente (O'Leary e Walsh, 1995). Em Teixeira, Russo e Bentes (2014), os resultados operacionais mostram uma correlação oposta entre a distância percorrida e tempo com a produtividade da equipa.

É assim importante sistematizar a relação existente entre os diferentes sistemas de recolha e respectivo grau de mecanização, com a dimensão da equipa de recolha.

iii. Equipamentos

No que diz respeito a bens de capital, os elementos básicos são os veículos e contentores, que são expressos em termos de número de unidades físicas ou em termos de sua capacidade (García-Sánchez, 2008). Os fabricantes de equipamentos de recolha estão continuamente a redesenhar e actualizar os equipamentos para responder às necessidades de mudança e aplicar os avanços da tecnologia, pelo que diferentes tipos equipamentos e sistemas opcionais estão disponíveis (O'Leary e Walsh, 1995). A sofisticação do equipamento de recolha (*i.e.* se os veículos são equipados com sistemas de pesagem, ou outro equipamento computacional concebido para registar descargas de contentores) é assim um factor que influencia os custos de recolha (Hogg, 2001).

A frota é uma variável com um enorme peso do serviço de recolha. A optimização de custos depende de forma relevante da adequada gestão da frota e planeamento dos circuitos de recolha: um circuito óptimo é o que maximiza a quantidade de resíduos recolhida no decurso do turno de trabalho, isto é, cada circuito tem uma dimensão mínima a partir da qual se pode conseguir uma eficiência adequada dos circuitos, que deve estar ajustado à duração do turno de recolha e capacidade da viatura (volume e índice de compactação). Os veículos utilizados e sua carga útil máxima afectam assim os custos da recolha: se os veículos não estiverem a terminar circuitos meio vazios, a utilização de veículos maiores

podem reduzir custos (Hogg, 2001). Idealmente, a capacidade da viatura deve ser múltiplo do número de cargas cheias (O'Leary e Walsh, 1995).

Em Benjamin (2010) é analisado o problema de optimização de rotas que surge quando um conjunto de “clientes” (pontos de recolha) devem ser recolhidos por veículos que descarregam num dado ponto, com o objectivo de tentar utilizar totalmente um veículo. O modelo de dimensionamento elaborado pela Deloitte (2004) visa também assegurar a minimização do número de camiões tendo em consideração as quantidades a recolher, utilizando diferentes indicadores ou variáveis, entre elas o número e a capacidade unitária das viaturas (assumindo uma taxa de enchimento média de 90%). Uma das questões importantes na recolha selectiva é determinar o grau em que se podem aproveitar as possibilidades de optimização de custo oferecidas pela diversificação das frotas de veículos e o grau de compatibilidade entre as densidades dos diferentes materiais e a escolha da viatura (Hogg, 2001).

Outro factor de impacte no desempenho e custos da recolha tem a ver com a selecção do método de recolha (recolha porta-a-porta ou colectiva) e tipo de contentores utilizados (Hogg, 2001). Um dos factores relatados por Dahlgren e Lagerkvist (2010b) como tendo uma influência direta na composição dos RU, são os tipos de contentores da recolha selectiva porta-a-porta assim como a funcionalidade e atractividade dos contentores nos pontos de deposição colectiva.

A selecção do tipo adequado de recipiente, adaptando as suas características às necessidades específicas de serviços de recolha é crítica. De facto, a quantidade de resíduos recolhidos por ponto de recolha (que depende naturalmente do tipo de contentores utilizado) e o número de pontos de recolha por unidade de tempo afecta os custos da recolha (Hogg, 2001). Por exemplo, uma das principais razões para a ineficiência dos sistemas de recolha que utilizam grandes contentores é o elevado volume destes recipientes em comparação com a frequência mínima permitida de alguns fluxos de resíduos, como a recolha de resíduos biodegradáveis, muitas vezes associada a odores, limpeza e insetos, especialmente em climas mais quentes, e quando os recipientes são mal desenhados e difíceis de limpar. Mas muitos outros factores devem ser considerados na selecção de recipientes de recolha. Na avaliação do incómodo causado pela presença de recipientes na rua apresentada por González-Torre e Adenso-Díaz (2005), 66,7% dos cidadãos asturianos expressou alguma queixa, relacionada principalmente com os níveis de ruído gerados pelo esvaziamento (72%), a redução do número de lugares de estacionamento (68,9%) e seu impacte visual (55,1%). Baseando-se no impacte que os contentores podem ter, Gamberini *et al.* (2013) distinguem dois tipos principais de recipientes: as configurações tradicionais que se localizam na rua e os sistemas subterrâneos inovadores que melhoram o impacte ambiental da recolha, a área que ocupam no espaço público e, consequentemente, a obstrução criada para tráfego, o ruído gerado durante a recolha e a segurança dos trabalhadores. Outro factor a considerar na selecção de recipientes é a cobertura do serviço: em López *et al.* (2007) é determinada a cobertura óptima de contentores avaliando os pontos de recolha actuais e potenciais com base num SIG e definindo-se *buffers* (círculos concêntricos em torno de cada ponto) com raios de influência de 50, 100, 150 e 200 metros e parâmetros de visibilidade e acessibilidade.

O estudo de Petersen e Berg (2004) conclui que a concepção e dimensionamento de recipientes podem ser optimizados usando os valores para o peso específico. Os volumes dos contentores, bem como as frequências de recolha são normalmente calculados com base nas taxas de enchimento dos recipientes e pesos específicos de cada tipo de material ou fluxo de resíduos. De facto, Satué (2000) conclui que o parâmetro que mede a eficácia da contentorização é a relação quilos recolhidos por litro instalado.

No entanto, apesar do peso específico no recipiente por tipo de recipiente e o fluxo de resíduo ser crítico no dimensionamento de um sistema de recolha selectiva, não está disponível na literatura. De facto, a maioria dos dados de peso específico disponíveis derivam das caracterizações da composição física dos resíduos realizadas nas instalações de tratamento, após a descarga da viatura, que não devem ser utilizados no dimensionamento sistemas de recolha, uma vez que não consideram a taxa

de compactação do veículo. Outros dados de peso específico comuns são indicados separadamente para os diferentes tipos de material e não para o fluxo de resíduo em questão (geralmente constituído por misturas de materiais). Os poucos dados de pesos específicos por contentor e por fluxo de resíduo surgem na bibliografia de forma incompleta e dispersa, e resultam de diferentes métodos de medição, constituindo dados de difícil comparação ou extrapolação.

Isto é especialmente crítico uma vez que a informação do peso específico em contentor é especialmente difícil de medir, considerando a complexidade e as exigências em termos de mão-de-obra e equipamentos, inacessíveis para a maioria dos técnicos dedicados à concepção de projectos de recolha de RU.

Conhecer peso específico no interior dos recipientes por tipo de contentor e fluxo de resíduo e a influência da geometria e da capacidade no mesmo foi assim uma das metas traçadas para este trabalho de investigação.

Outro indicador que é habitual na otimização de rotas é calcular o tempo de recolha total por tonelada de resíduos recolhida. Conforme relatado por Tanskanen e Kaila (2001) "há uma interdependência entre a quantidade de resíduos recolhidos por ponto de recolha e o tempo de recolha necessário por tonelada de resíduos". De facto, o tempo de esvaziamento dos recipientes para cada sistema de recolha, ou especificamente para cada método de recolha e descarga (método de engate do contentor com a viatura/elevação) é um dos dados de *input* exigidos nos algoritmos de *software* de definição de rotas de recolha de resíduos que, quando relacionado com a capacidade de carga, é um indicador decisivo para determinar a eficácia de um sistema de recolha.

Conhecer o tempo de esvaziamento de cada sistema de recolha, vulgarmente designado por "tempo de recolha", e relacioná-lo com a quantidade de resíduos recolhidos (em volume e peso) de forma a criar indicadores úteis de desempenho operacional, foi outro objectivo desta investigação.

A síntese da revisão bibliográfica dos principais indicadores encontrados na revisão da literatura, operacionais e financeiros, utilizados pelos diferentes autores que se debruçaram sobre a avaliação do serviço de recolha, sistematiza-se nas tabelas do Anexo AI.1: Tabelas AI.1.1 a AI.1.4, para os indicadores operacionais e Tabela AI.2 para os financeiros.

II.7 SÍNTESE DA REVISÃO DA LITERATURA

Possivelmente, nenhuma outra questão ambiental tem uma componente de gestão tão forte e relevante como os resíduos e nenhuma outra tem o mesmo impacto sobre a vida quotidiana dos consumidores e produtores (Eurostat, 2001). Em média, cada um dos 500 milhões de habitantes que vivem na UE deita fora cerca de meia tonelada de resíduos domésticos por ano (CE, 2010a), mas uma nova abordagem para a gestão de resíduos está a ser adoptada na Europa, que adopta o paradigma de uma economia tendencialmente circular, com optimização dos recursos materiais e energéticos (PERSU 2020, Portaria nº 187-A/2014, de 17 de Setembro) e minimização dos impactes no ambiente e na saúde humana, presente no Relatório para a Economia Verde (OCDE, 2011).

A gestão de resíduos em áreas urbanas é um problema complexo, constituindo um dos problemas mais sérios que os centros urbanos enfrentam (Ribeiro *et al.*, 2011; Ristić, 2005). Devido ao grande consumo de combustível e trabalho envolvido, a recolha de RU é geralmente a componente mais poluente e cara na gestão de RU, que pode representar de 50 a 80% dos custos totais (Sonesson, 2000; Tchobanoglous *et al.*, 1993; Johansson, 2006; UBA, 2009; Tavares *et al.*, 2009; Sora e González, 2014),

pelo que a melhoria na concepção dos sistemas de recolha poderia resultar em ganhos substanciais, influenciando a composição dos resíduos, bem como a qualidade e a quantidade dos materiais recicláveis recolhidos separadamente e, portanto, o *layout*, design e custos de separação e processamento de instalações (UBA, 2009; Tchobanoglous et al., 1993, Satué, 2000). Apesar de desempenhar um papel central e constituir a componente mais visível e a maior fatia de custos no sistema de gestão de resíduos, a operação de recolha é muitas vezes subestimada (UBA, 2009), e não tem sido o objecto mais estudado nos sistemas de gestão integrados de resíduos (Allesch e Brunner, 2014).

Para cumprir com a política e as disposições legais adoptadas na UE relativa aos resíduos, foi desenvolvido um enorme espectro de medidas e de diferentes soluções técnicas para os diferentes tipos de problemas e resíduos durante as últimas décadas (UBA, 2009), promovendo uma ampla gama de sistemas de recolha selectiva em toda a Europa (Iriarte, 2009; Gallardo et al., 2012), tornando difícil comparar e avaliar resultados (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). O planeamento de sistemas de gestão de resíduos torna-se assim um exercício de equilíbrio entre um conjunto de objectivos que podem ser opostos, tais como a minimização de custos e a recuperação de recursos, existindo a necessidade de examinar de forma holística o efeito interactivo dos mesmos em termos de custos e benefícios associados (Shekdar e Mistry, 2001). Este desafio coloca-se com especial relevância em Portugal, onde o novo “regulamento tarifário dos serviços de gestão de resíduos”, que este ano passou a ser vinculativo (ERSAR, 2014), e a recomendação para a implementação de sistemas PAYT presente no PERSU 2020, obrigam ao conhecimento das diferentes opções técnicas e dos custos reais de recolha.

Enquanto país membro da UE, Portugal foi transpondo para a legislação nacional as Directivas Europeias, destacando-se a Directiva-Quadro de Resíduos, a Directiva Aterros e a Directiva Embalagem, que enquadraram a estratégia nacional de gestão de RU. Os planos específicos de gestão de resíduos de âmbito nacional, tiveram um papel fundamental na evolução da gestão de resíduos em Portugal sobretudo a partir de finais da década de 90. Antes da publicação do primeiro PERSU, em 1997, a gestão de resíduos não cumpria os requisitos mais básicos para a preservação do ambiente. O PERSU II indicava o “reforço dos Sistemas ao nível de infra-estruturas e equipamentos nomeadamente o reforço das redes de recolha selectiva multimaterial”, e o “reforço da reciclagem” pela aposta na “intensificação da recolha selectiva multimaterial (...)”.

Com o PERSU 2020, passa a “privilegiar-se a actuação a montante na cadeia de gestão de resíduos”, transmitindo uma mensagem clara de enfoque no serviço de gestão em baixa. Dos objectivos definidos destaca-se o “aumento da preparação para reutilização, da reciclagem e da qualidade dos recicláveis” e duas medidas: “promover a prática de apuramentos de custos e proveitos dos serviços por todas as entidades gestoras de RU, independentemente do modelo de gestão adoptado” e “avaliar e promover a adequação dos custos com o serviço prestado num cenário de eficiência estrutural e operacional”. Importa, no entanto, indicar os factores que definem a “eficiência produtiva” ou um “desempenho eficiente”, e desenvolver uma metodologia de avaliação dos sistemas de recolha, do ponto de vista operacional e financeiro, objectivo que se pretendeu atingir com este trabalho.

Outra medida prevista no PERSU 2020 é o “estudo de novos métodos de cobrança do serviço de gestão de RU”, “assegurando a recuperação tendencial dos gastos incorridos com a atividade de gestão de RU” (ERSAR, 2015), e o “reforço dos instrumentos económico-financeiros”, pela promoção de “projetos-piloto de aplicação de tarifação através de medição do peso/volume dos RU recolhidos, mediante metodologias conhecidas por PAYT”. Estas medidas constituem um verdadeiro desafio para as Entidades Gestoras e ERSAR, por obrigar a um exaustivo trabalho de apuramento de custos e proveitos dos serviços e avaliação da adequação dos mesmos, num cenário de “eficiência estrutural e operacional”, desafio onde este trabalho se centrou.

Evolução, Planeamento e optimização dos Sistemas de Recolha

Os primeiros sistemas de recolha eram constituídos por uma carroça de tracção animal assinalada por um toque de sineta, onde as pessoas despejavam os seus resíduos (Levy e Cabeças, 2006). Com a Revolução Industrial, a grande concentração de pessoas em cidades, primeiro na Europa e depois nos EUA, e posteriormente, já na segunda metade do Séc. XIX, a teoria microbiana das doenças, desencadearam o início da “Idade do Saneamento” (Martinho, 1998), surgindo as primeiras exigências legais sobre os recipientes de deposição dos resíduos (Levy e Cabeças, 2006). Inicialmente eram utilizados baldes metálicos sem rodas, mas na década de 1960, para acomodar as quantidades crescentes de resíduos, foram desenvolvidos contentores metálicos maiores com rodas, com capacidades de 660, 770 e 1000 litros (Bilitewski *et al.*, 1994). A década de 1970 trouxe o desenvolvimento de contentores em polietileno de baixa densidade, e de menores capacidades de 120, 240 e 360 litros (Bilitewski *et al.*, 1994). Para grandes quantidades de resíduos domésticos ou comerciais, desde 1975 que começaram a ser utilizados contentores metálicos de 2500 e 5000 litros (Bilitewski *et al.*, 1994).

Antes das viaturas compactadoras serem desenvolvidas, utilizavam-se viaturas de caixa aberta e fechada, sem compactação, ineficientes para a maioria das necessidades da recolha (O’Leary e Walsh, 1995). Este sistema evoluiu surgindo os primeiros elevadores hidráulicos de elevação e compactadores, adaptados aos diferentes tipos de capacidades e dispositivos de engate ao elevador dos contentores (Bilitewski *et al.*, 1994). Actualmente, a recolha de resíduos é na maioria das cidades feita por camiões (Larsen *et al.*, 2009), registando-se um aumento da utilização de equipamentos assistidos por computador e controles eletrónicos, para monitorizar o desempenho das operações de recolha (O’Leary e Walsh, 1995), e sistemas RFID (identificação via radio frequência) dos contentores recolhidos, que podem também ter sensores ópticos do nível de enchimento, comunicados à viatura. Esta evolução na monitorização da operação tem permitido o desenvolvimento de tecnologias de suporte à implementação de sistemas PAYT volumétricos ou baseados no peso.

Depois de selecionado e instalado um sistema de recolha, surge o problema da optimização de circuitos, que é fundamental para se conseguir a sustentabilidade económica, social e ambiental, mas que envolve uma complexidade muito maior que o problema típico do caixeiro-viajante da investigação operacional²⁶ (Carvalho M. M., 2008). Para além de equilibrados, os circuitos devem estar optimizados, sendo o objectivo mais frequente do algoritmo a minimização dos custos de transporte, definido em função do tempo ou da distância, sendo necessário distinguir entre a recolha real (efectiva) e o transporte de resíduos (Larsen *et al.*, 2010). Os métodos que associam modelos matemáticos e ferramentas de SIG para optimizar os circuitos de recolha de RU e calendarização (Arribas C. A., 2010), podem resultar em ganhos de 15 a 20% no tempo e distância percorrida, no entanto, o esforço e custo da recolha e manutenção dos dados necessários devem ser tidos em consideração (Bilitewski *et al.*, 1994).

Classificação de Sistemas de Recolha – resumo do estado da arte

A recolha de resíduos é parte inicial de um sistema de gestão de resíduos, mas pode ser considerada como um sub-sistema e, portanto, pode ser estudado independentemente (Gallardo *et al.*, 2011). Um

²⁶ De acordo com este problema, o caixeiro-viajante deve visitar, apenas uma vez, todos os pontos de que lhe são atribuídos, escolhendo, para isso, o percurso mais curto entre eles (Karadimas, Papatzelou e Loumos, 2007)

sistema de recolha é definido como uma combinação de tecnologia e mão-de-obra, e caracterizado pelo método de recolha, o sistema de contentorização, as viaturas e o pessoal (Bilitewski *et al.*, 1994).

A classificação de sistemas de recolha foi promovida desde os anos 90, relacionadas com as suas componentes (contentores e viaturas), como ambos se inter-relacionam (o método de recolha), como os resíduos devem ser tratados e recuperados (fluxos de resíduos) e como os sistemas de recolha estão localizados na cidade e conveniência para o produtor de resíduos (tipo de serviço). Apesar desta diversidade, duas abordagens principais de classificação puderam ser identificadas - as focadas no serviço de recolha, muitas vezes complementada por uma descrição das fontes de geração dos resíduos e/ou fluxos de resíduos recolhidos separadamente; e as focadas nos meios de recolha e tecnologias. Os sistemas de recolha são geralmente caracterizados em primeiro lugar, pelo tipo de serviço prestado (e.g. porta-a-porta, colectivo), deixando os meios e equipamentos utilizadas para segundo plano.

A revisão bibliográfica foi organizada com base em cinco características dos sistemas de recolha: o tipo de serviço, o método de recolha, o tipo de recipiente, o tipo de veículo, e a origem e separação dos resíduos. Resumindo:

- Verifica-se uma clara falta de homogeneidade na classificação dos sistemas de recolha de acordo com o tipo de serviço oferecido. Apesar disto, dois arranjos possíveis podem ser diferenciados: a recolha porta-a-porta ou na berma (“pick-up”, “curbside”) e os sistemas colectivos ou por pontos (“drop-off”), considerando-se assim as “estações de reciclagem públicas”, “parques ecológicos” ou “ecocentros” componentes de um sistema colectivo (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010). Nos sistemas porta-a-porta, os recipientes ou contentores são instalados/colocados para a recolha de perto das habitações, de onde são levados para a berma, pelo produtor dos resíduos ou pela equipa de recolha, por onde passa a viatura de recolha, que recolhe/esvazia o seu conteúdo. No sistema de deposição colectiva, os resíduos acumulados são levados pelo seu produtor para um local central, onde estão instalados recipientes que são regularmente esvaziados ou quando necessário. Ao contrário dos sistemas porta-a-porta, as viaturas de recolha passam apenas nos locais centrais em vez de irem aos pontos em frente a cada habitação.

Concluiu-se também que o tipo de serviço tem mais impacto sobre a quantidade de materiais recicláveis e qualidade pretendida, assim como na participação dos cidadãos, do que na classificação dos sistemas de recolha utilizados, uma vez que vários tipos de sistemas de recolha são capazes de responder às necessidades do mesmo tipo de serviço.

- Em relação ao “método de recolha”, relacionado com o processo de esvaziamento do recipiente de armazenamento temporário, Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), Theisen (2002) e Nilsson (2010) dividem os sistemas em dois grupos - *sistemas de substituição* (“hauling container systems”), onde os recipientes são transportados para o local de eliminação, esvaziados, e voltam para a sua localização original e *sistemas estacionários* (“simple emptying”), onde os recipientes permanecem no ponto de produção, ou são movidos para a berma outro local para serem esvaziados. Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010) e Kogler (2007), acrescentam a estes dois grupos os “sistemas de sentido único” (“one way system”), que usam sacos de plástico utilizados em apenas um ciclo de recolha (descartáveis), os “sistemas de recolha não sistemática”, utilizados para a recolha de resíduos volumosos de várias formas e tamanhos na berma (seja em recipientes ou a granel), e “sistemas de recolha especiais”, nomeadamente os métodos de extração a vácuo e os de descarga hidráulica (esgoto). Outros autores como O’Leary e Walsh (1995), Rhyner (1995) e Nilsson (2010) utilizam apenas ou como complemento da classificação, o grau de mecanização utilizado, para classificar os sistemas em “manuais” e “mecanizados” que se sub-dividem em “automáticos” ou “semi-automáticos”.

Resumindo, o recipiente pode ser esvaziado no mesmo lugar (simples ou estacionário), pode ser trocado por outro recipiente vazio, pode ser transportado para o destino ou pode ser removido pneumáticamente. Apenas no caso da recolha estacionária é possível considerar um sistema de carga manual, todos os restantes são mecanizados, podendo ser distinguidos na literatura como semi-automáticos e automáticos. Considerando as duas características encontradas na literatura a mecanização é a que mais depende da tecnologia. Em relação ao método de recolha, a sua relevância baseia-se mais numa perspectiva económica do que na caracterização dos sistemas de recolha.

- Actualmente há uma enorme diversidade de tipo de recipientes (ou receptáculo onde os resíduos são temporariamente depositados) padronizados, que têm que cumprir com os requisitos e normas aplicáveis, no entanto, as classificações existentes encontradas na literatura são caracterizadas principalmente pelo tipo, materiais e tamanho/capacidade. Muitos autores - Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), Rhyner (1995), Bilitewski *et al.* (1994), Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010), O'Leary e Walsh (1995), ISWA e WGCTT (2004), Diaz (2005), Kogler (2007), Uriarte (2008), Bovea (2010), Nilsson (2010), Greco *et al.* (2014), Piedade e Aguiar (2010), caracterizam os recipientes pelo seu tipo, existindo uma diversidade enorme de opções, desde sacos a contentores subterrâneos, complementada ou não com a mobilidade (contentores com rodas, sem rodas), e os dispositivos existentes (*e.g.* com tampa, com sistema de elevação). A maioria destes autores complementam a descrição incluindo também a capacidade (em litros) ou dimensão (pequeno, médio, grande), e/ou ainda o material (papel, cartão, plástico, metal, aço).

De todos os critérios considerados, o que tem mais relevância do ponto de vista tecnológico, é o tipo de recipiente, porque ele é aquele que pode ser um alvo da inovação. Em relação ao material utilizado, as principais opções são de plástico e metal, que será uma tendência nos próximos anos.

- Existe uma enorme variedade de viaturas de recolha nos sistemas, sendo possível concluir que a maioria dos autores utiliza o "tipo de viatura" e a zona de carga para as classificar. Alguns autores, como Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), Kogler (2007) e Bilitewski, Wagner e Reichenbach, (2010), dividem numa primeira fase as viaturas em função do método de recolha (*e.g.* estacionário, de substituição) para depois as classificarem em função do tipo de sistema de elevação, zona de carga ou outro (*e.g.* viaturas "de guincho" - *multibenne*, viaturas *multilift*, viaturas compactadoras de carregamento mecanizado para carga lateral, compactadoras carregados manualmente de carga lateral/traseira, viaturas de gancho e elevação, viaturas com contentores de caixa móvel aberta, viaturas multi-compartimentadas, entre outras). Outros autores como Rhyner (1995), O'Leary e Walsh (1995), Theisen (2002), ISWA e WGCTT (2004), Uriarte (2008), Nilsson (2010), Ghose (2006) e Greco *et al.* (2014) utilizam uma classificação mais simples; por exemplo O'Leary e Walsh (1995) dividem as viaturas em viaturas compactadoras - de carga frontal, lateral (incluindo sistemas de recolha automática) ou traseira, viaturas sem compactação abertas ou fechadas, e viaturas de elevação especiais com um guincho de cabo ou braço hidráulico.

Da revisão bibliográfica torna-se evidente que a classificação de viaturas é uma das componentes dos sistemas de recolha onde a diversidade de classificações utilizada é maior e mais complexa, sendo clara a lacuna existente no que respeita a uma classificação simples e clara que permita uma rápida identificação deste componente. Apesar desta diversidade, foi possível identificar alguma consistência nas classificações com base na zona de carga, nomeadamente em três categorias principais – traseira, lateral e frontal. De facto, também as normas EN 1502 dividem-se em viaturas de recolha traseira, viaturas de recolha lateral e viaturas de carga frontal; a EN 1501 foca-se nos "dispositivos de elevação associados". Já no que respeita ao tipo de viatura, a diversidade é muito maior, sendo assim difícil de sistematizar.

- O último critério adoptado por muitos autores, de classificação pela origem dos resíduos e separação na fonte, está relacionado com o local onde os resíduos são produzidos e com o tipo de separação na origem que é adoptada, isto é, com os diferentes fluxos de resíduos recolhidos separadamente. No que respeita à origem, pode-se sistematizar a classificação adoptada por Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), Rhyner (1995), Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010), O'Leary e Walsh (1995), Sonesson (2000), Kirkeby *et al.* (2006) e Uriarte (2008) em resíduos de “habitações unifamiliares” ou “individuais” (associadas a “áreas rurais”), “habitações multifamiliar” ou “apartamentos em altura” (área urbana), e “estabelecimentos comerciais”. Para a separação na origem as classificações são mais diversas como, por exemplo, resíduos “domésticos residuais”, “recicláveis secos”, e “separados na origem”, adoptada por Dahlén e Anders (2008), ou simplesmente agrupados em “sem separação (misturados)” e “separados”, adoptada por Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) e Theisen (2002), sendo esta última a mais consensual.

Concluiu-se também que a origem dos resíduos tem impacto sobre a frequência de serviço e capacidade dos contentores, mas não é relevante para diferenciar o sistema de recolha contentor-viatura, porque o mesmo recipiente ou viatura pode ser usado para recolher diferentes resíduos.

Indicadores de Recolha – Resumo do Estado da Arte

A par com as abordagens paramétricas e não paramétricas encontradas na literatura sobre a eficiência na gestão de resíduos, alguns autores dependem de Indicadores de Desempenho (ID) para analisar este sector (Rogge e De Jaeger, 2012). De facto, se existe uma área da política ambiental, onde a necessidade de indicadores de desempenho operacional e económico como instrumentos de monitorização é particularmente significativa, esta é a área dos resíduos (Eurostat, 2001), sendo esta uma prática comum (Vitorino, 2008; Teixeira, Russo e Bentes, 2014; Del Borghi, 2009).

O *benchmarking* consiste em fazer a avaliação de um determinado serviço ou de uma determinada entidade gestora por comparação com entidades com melhor desempenho. Neste contexto, os ID podem ser uma fonte de informação chave, que fornecem dados claros e quantificados em avaliações comparativas, melhorando assim os processos de tomada de decisão (Ristić, 2005; Zaman, 2014). Mas a avaliação de desempenho baseada num sistema de indicadores é um processo complexo que envolve a recolha sistemática de informação de base (dados originais), a obtenção de variáveis de cálculo (dados analisados), e cálculo de indicadores e índices.

A análise de trabalhos de investigação mostra que a aplicação de indicadores de desempenho na área da gestão de RU tem evoluído ao longo das últimas cinco décadas (Sanjeevi e Shahabudeen, 2016), no entanto, um número significativo de autores usa indicadores para a apresentação e avaliação de dados sem uma referência comparativa adequada (Zaman, 2014), constituindo os ID, na sua maioria, declarações quantitativas básicas e unidimensionais que incidem sobre taxas de geração de RU e prevalência de opções de tratamento e eliminação (Fragkou, Vicent e Gabarrell, 2010). De facto, as abordagens estabelecidas pelos Estados-Membros para a recolha de dados sobre os resíduos municipais variam muito, e muitas incertezas permanecem quanto à sua qualidade (OCDE, 1993), prejudicando a comparabilidade entre os países (Eurostat, 2012).

Especificamente para o serviço de recolha, White, Frank e Hindle (1995) dividiram os indicadores em duas categorias: os específicos de uma determinada área e os específicos do processo. Outra abordagem mais segmentada é apresentada em (Accounts Commission, 2000), onde os indicadores de recolha são agrupados em: (i) indicadores de custo, (ii) indicadores de serviço, (iii) Indicadores de RH, (iv) indicadores de frota, (v) eficiência na utilização de recursos (vi) eficiência na definição de rotas (vii) indicadores de contexto. De facto, na revisão da literatura foi possível registar uma enorme diversidade de ID, resultantes da diversidade dos objectivos e metodologias utilizadas, verificando-se que a abordagem de classificação mais transversal seria a divisão em “indicadores operacionais ou técnicos”,

muito centrados em dados quantitativos (resíduos produzidos, recolhidos, tratados ou eliminados), “indicadores económicos” e “indicadores ambientais” centrados nos aspectos de custo e impacto ambiental dos sistemas, respectivamente.

Na gestão em baixa, a definição de indicadores que possam reflectir todas as variáveis determinantes para o sucesso de um sistema de recolha é bastante complexa, dependendo dos objectivos traçados nos diferentes estudos e características inerentes aos sistemas, área geográfica e população a servir. Recentemente a recolha de informação tem vindo a ser simplificada pelo desenvolvimento de tecnologias que permitem a monitorização do serviço de forma mais automatizada, ou mesmo em tempo real, usando dispositivos modernos de monitorização como sensores volumétricos, Sistemas RFID, GPRS e de tecnologia GPS. Especificando, em relação às variáveis utilizadas na análise de eficiência da recolha de resíduos, existe um amplo consenso sobre os factores de produção mais importantes, necessários também para alimentar os *softwares* de optimização de circuitos (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001; Sonesson, 2000; Johansson, 2006; Ghose, 2006; Levy e Cabeças, 2006; Tavares *et al.*, 2009; Anghinolfi, 2013; Rhyner, 1995): o número de contentores e sua distribuição geográfica, as localizações das centrais de tratamento e garagens, os tipos de veículos utilizados (expressos em termos de capacidade de recolha ou pelo número de quilómetros que eles percorrem), a rede rodoviária (distância percorrida, limites médios e de velocidade, a largura da rua, e restrições de sentido e mudança de direcção), a geração de resíduos em cada ponto de recolha, o peso específico de resíduos, o nível de enchimento dos recipientes (taxa de enchimento média ou taxa de enchimento em tempo real medida por sensores, nos modelos de optimização dinâmica), frequência de recolha (em modelos estáticos com frequências pré-determinados), tempo de recolha - dividida nas suas diversas partes ou operações unitárias (por exemplo, o tempo total para recolher contentores - produto do número de paragens e o tempo por paragem), e, claro, o número de trabalhadores ou número de horas de trabalho. O *output* principal é o número de toneladas de resíduos recolhidos e transportados para destino final, que se pode distinguir pelos vários tipos de resíduos (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001).

Os custos de recolha de RU são, principalmente, custo de pessoal, combustíveis e veículos, que inclui os custos de amortização, custos de capital e os custos de peças de reposição, manutenção e seguro (Dogan e Süleyman, 2003; Arribas, 2010), considerando que são questões significativas na gestão de resíduos.

A revisão da literatura evidencia o conflito entre os objectivos de reciclagem e de eficiência dos circuitos de recolha, acompanhada pela necessidade de implementar tarifas de serviço baseadas no princípio do poluidor-pagador. Sendo a recolha a componente mais significativa dos custos de gestão de resíduos, esta necessidade deve ser acompanhada pelo conhecimento dos custos envolvidos nos diferentes sistemas de recolha de gestão de RU.

Da revisão retira-se ainda um elemento comum: todos os indicadores se concentram no desempenho do serviço prestado sem o relacionar com a tecnologia utilizada, deixando os contentores e veículos para segundo plano. Verificou-se também que as variáveis que traduzem a eficiência do processo de recolha de resíduos (como os turnos, força de trabalho e utilização do veículo) são significativas para determinar os custos da recolha (Greco *et al.*, 2014), pelo que a análise económica dependerá sempre de uma análise de variáveis operacionais.

Concluindo, são vários os factores com relevância no serviço de recolha, mas três devem ser destacados, nomeadamente o consumo de combustível, os meios humanos e os equipamentos, que cruzados com a variável que caracteriza a produção do sistema – a quantidade recolhida, permitem avaliar o seu desempenho.

III. METODOLOGIA. ABORDAGEM DA INVESTIGAÇÃO

III.1 PLANEAMENTO DO TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO

III.1.1 ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL E PUBLICAÇÕES

O primeiro exercício para a definição dos objectivos e hipóteses a avaliar decorreu durante a preparação da proposta de candidatura a doutoramento, a apresentar ao Concelho Científico da FCT-UNL, assim como a definição das diferentes fases que deveriam constar da metodologia a seguir. Deste exercício resultou a primeira versão da metodologia, que depois de aprovada conduziu à necessidade de obter financiamento para suportar os custos de recursos humanos e equipamentos previstos, entre outros. Foi assim apresentada uma candidatura a financiamento deste projecto de investigação à Sociedade Ponto Verde (SPV), em cumprimento com o “Regulamento Relativo ao Financiamento de Projectos de Investigação e Desenvolvimento da Sociedade Ponto Verde”. O projecto foi intitulado “*Benchmarking de Diferentes Sistemas de Recolha de RSU*”, a desenvolver no âmbito da presente Tese de Doutoramento, no Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT-UNL, sob orientação da Prof.^a Doutora Graça Martinho e co-orientação do Prof. Doutor Rui Ferreira dos Santos. A resposta da SPV foi positiva, nos termos da decisão tomada em 06/01/2009 pela Comissão Executiva, cuja execução foi regulada pelo Protocolo assinado a 23 de Janeiro de 2009 entre as duas entidades.

Da candidatura constavam indicadores de realização do projecto, que incluíam apresentações em conferências e publicações intermédias em revistas científicas de resultados obtidos ao longo do projecto, englobados no cronograma e fases metodológicas do trabalho de investigação, que se resumem na Tabela III-1.

Tabela III-1 – Publicações, comunicações e artigos científicos publicados no decurso do projecto de investigação

Apresentação/Publicação	Data
<i>Book of Abstracts, 10ª Conferência Nacional do Ambiente – Repensar o Ambiente: Luxo ou inevitabilidade. Poster</i>	Nov.2013
Rodrigues, S., Martinho G., Pires, A. (2016). Waste collection systems. Part A: a taxonomy. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 113, 374 - 387. http://doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.143 .	Jan.2016
<i>Book of Abstracts, 2nd International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities. Apresentação oral</i>	Set. 2013
Apresentação oral, 8.º Fórum Nacional de Resíduos - A Revolução do Sector dos Resíduos	Abr.2014
<i>Notícia publicada na AmbienteOnline</i>	Abr.2014
Reportagem publicada na Revista <i>Água&Ambiente</i>	Jun.2014
Apresentação oral, IV Encontro Nacional: Gestão de Resíduos	Dez.2014
Apresentação oral, 10º Fórum Nacional de Resíduos – O Impacte da Economia Circular no Sector Nacional dos Resíduos	Abr 2016
Rodrigues, S., Martinho G., Pires, A. (2016). Waste collection systems. Part B: Benchmarking indicators. Benchmarking of the Great Lisbon Area, Portugal. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 139, 230–241. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.146	Ago 2016

III.1.2 DEFINIÇÃO DAS HIPÓTESES

A abordagem metodológica do trabalho de investigação partiu dos objectivos definidos, que permitiram a definição das hipóteses e sua operacionalização.

A criação de uma classificação taxonómica dos diferentes sistemas de recolha existentes no mercado, que permitisse ultrapassar a lacuna identificada na bibliografia, constitui o primeiro objectivo deste estudo, do qual resultou a definição da primeira hipótese, nomeadamente:

1. *A análise dos equipamentos e tecnologias que constituem os sistemas disponíveis na actualidade permite fazer a caracterização e classificação sistemática dos mesmos, melhorando o potencial para comparações, pela utilização de características taxonómicas chave de desempenho dos sistemas e compatibilidade de equipamentos, nomeadamente, dos contentores e viaturas.*

Para a comparação do desempenho operacional e financeiro dos diferentes sistemas de recolha selectiva disponíveis no mercado, definido como o segundo objectivo do estudo, os equipamentos e tecnologias que os constituem deveriam ser identificados de acordo com a classificação taxonómica proposta. Assim, só após a validação da primeira hipótese seria possível partir para a definição dos sistemas alvo que garantissem uma amostra representativa das principais classes taxonómicas definidas, e consequentemente da área de estudo.

Do segundo objectivo resultou a definição da segunda hipótese:

2. *É possível avaliar o desempenho operacional e financeiro dos sistemas de recolha selectiva a partir do cálculo de indicadores que suportem a tomada de decisão na selecção de sistemas de recolha e no planeamento e gestão do serviço, com vista à racionalização da logística de recolha de RU.*

Esta hipótese engloba três hipóteses parciais, que a concretizam, nomeadamente:

- 2.3 *É possível identificar os factores críticos dos equipamentos (contentores e viaturas) para a deposição e recolha, que suportem a definição de indicadores específicos de um sistema, equipamento ou tecnologia – “indicadores de equipamento”, isto é, que dependam exclusivamente do equipamento (isolando os factores externos) de forma a permitir o benchmarking entre sistemas.*
- 2.4 *É possível a definição e cálculo de indicadores globais do serviço de recolha – “indicadores de serviço”, que apesar de influenciados pelos factores de contexto²⁷, permitam a monitorização e avaliação do desempenho dos sistemas.*
- 2.5 *A aplicação destes indicadores numa área que permita estudar os principais sistemas disponíveis no mercado, permite obter valores de referência para a selecção, concepção e dimensionamento de sistemas de recolha (indicadores de equipamento) e avaliar o desempenho operacional e financeiro dos mesmos (indicadores de serviço).*

Finalmente foi definida uma terceira hipótese, que agrega as anteriores:

²⁷ Indicadores que influenciam as variáveis que influenciam um serviço de recolha de RU, mas que não dependem apenas das componentes do sistema de recolha, mas também de variáveis externas ao sistema, como as características demográficas da zona a servir, tipologia urbana, rede viária, cobertura dos contentores, planeamento do circuito, entre outros, cuja adequabilidade e optimização influenciam os resultados obtidos.

3. *Do conjunto da proposta de classificação taxonómica e de indicadores chave de desempenho, resulta um modelo de benchmarking de sistemas de recolha de RU capaz de melhorar o potencial para comparações e racionalizar a logística da recolha, constituindo uma ferramenta útil e de fácil aplicação por parte de técnicos e gestores deste serviço.*

III.1.3 DEFINIÇÃO MACRO DA METODOLOGIA

Concluída a definição das hipóteses, partiu-se para a definição macro da metodologia a seguir para as testar e assim planear o curso do trabalho de investigação. As fases metodológicas que se irão resumir agora, são detalhadas nos capítulos seguintes, de forma a garantir que a abordagem metodológica adoptada possa ser repetida em trabalhos futuros.

Para a primeira hipótese, o ponto de partida seria a clara definição do objecto de estudo, isto é, a definição do que se entende por “sistema de recolha” e que componentes o constituem.

Posteriormente, na análise dos equipamentos e tecnologias de recolha de RU disponíveis na actualidade, previu-se a identificação das características que determinam a compatibilidade entre as componentes que constituem um sistema de recolha e as características taxonómicas chave distintivas, isto é, que permitissem a sua fácil identificação e determinassem a sua funcionalidade. A abordagem pretendida foi tecnológica e operacional, pelo que se teriam que analisar as especificações técnicas dos equipamentos disponíveis no mercado.

A metodologia definida consistiu na revisão da literatura existente no âmbito da classificação e descrição de sistemas de recolha, com enfoque nas tecnologias e equipamentos, assim como no contacto directo com fornecedores destes equipamentos e tecnologias, preferencialmente que fossem fornecedores de âmbito Europeu ou Mundial. A classificação teria que ser suficientemente abrangente para cobrir todos os sistemas encontrados durante esta fase, pelo que foi prevista a validação iterativa da classificação desenvolvida, testando-a nos diferentes sistemas de recolha encontrados.

Para a segunda hipótese, e em particular a definição dos “indicadores de equipamento”, a metodologia iria partir do trabalho desenvolvido na revisão bibliográfica já realizada, uma vez que estes indicadores deveriam permitir a comparação de equipamentos nas suas características técnicas particulares, que fossem, simultaneamente, determinantes para o desempenho operacional do sistema. Assim, a revisão teria que ser alargada para incluir, nesta fase, a identificação dos factores determinantes na selecção de um sistema de recolha e variáveis chave para a operação de recolha. Nesta fase deveria ser desenvolvido um “modelo de apuramento de dados operacionais e de custo” que tornasse clara a metodologia a seguir no apuramento e tratamento dos dados base - operacionais e financeiros de cálculo dos indicadores, que pudesse ser repetido em trabalhos futuros.

A definição dos “indicadores de serviço” resultaria de todas as variáveis identificadas como críticas para o desempenho operacional e financeiro dos sistemas, mas que não fossem independentes do contexto em que o sistema estava inserido, isto é, das questões específicas da concepção e planeamento do serviço, e das características socio-económicas e geográficas da área a servir, mas que permitissem a monitorização e optimização do desempenho dos sistemas.

Finalmente, a terceira hipótese seria concretizada pelo desenvolvimento de um modelo conceptual de selecção, planeamento, monitorização e *benchmarking* de sistemas de recolha, utilizando os resultados obtidos nas fases anteriores para seleccionar e agrupar os indicadores de acordo com os objectivos pretendidos e importância ou peso relativo, identificando os indicadores de primeira e segunda “linha” e definindo um fluxograma para cada um dos objectivos sistematizados.

A aplicação deste modelo de *benchmarking* a uma área de estudo onde estivessem a funcionar todos os sistemas de recolha alvo definidos pela classificação taxonómica, permitira não só validar a aplicabilidade do mesmo modelo mas também obter valores de referência para a concepção e dimensionamento e *benchmarking* dos sistemas de recolha, através dos resultados obtidos para os indicadores de equipamento.

A aplicação do modelo à área de estudo obrigou à definição do plano de monitorização, que teria que ser aprovado pelos municípios ou empresas municipais da área de estudo e que deveria dividir-se em três campanhas distintas:

- i) Campanhas de recolha de informação “em gabinete”: recolha de dados operacionais e financeiros para todos os equipamentos a analisar (contentores e viaturas) nas fontes de informação disponibilizadas pelas entidades gestoras, junto dos técnicos responsáveis, ou no exterior, nomeadamente os relativos ao levantamento das características técnicas e dimensões dos equipamentos,
- ii) Campanhas de pesagem de contentores, cheios e vazios (tara), que constituíam todos os sistemas de recolha seleccionados, para as três valências de recolha (papel/cartão, plástico/metal e vidro).
- iii) Campanhas de monitorização de circuitos: acompanhamento de todos os circuitos seleccionados durante a operação normal do serviço de recolha nos três municípios, no mínimo duas vezes para cada circuito e dia de recolha.

Para cada uma destas campanhas seria criada uma ficha de registo de dados e definidos os recursos humanos e equipamentos necessários para a sua realização, cujo custo e aquisição (se necessário) deveriam ser previstos. Os equipamentos inicialmente previstos incluíam um dinamómetro adequado à gama de pesos e precisão pretendidos para as pesagens da contentorização, um cronómetro para a recolha de informação associada aos diversos tempos parciais unitários, um posto SIG com licença de software *ArcGis 9.3. Desktop* com extensões *Network Analyst* e *Spatial Analyst*, para a recolha, análise, criação e gestão dos dados recolhidos com uma componente geográfica, e um *GPS Mobile Mapper CM*, de precisão sub-métrica em tempo real e correcção diferencial com a licença de *Software ArcPad 7.1.1.*, para a marcação/edição de pontos georreferenciados, criação, visualização e edição de dados e sincronização com o posto SIG.

Sempre que disponível, seriam utilizados os *softwares* de gestão de informação geográfica, os *softwares* de optimização de circuitos, os *softwares* de gestão de frota, e os *softwares* de contabilidade existentes nos municípios ou entidades gestoras. Nesta fase previu-se ainda a colaboração de dois bolseiros com bolsas de iniciação à investigação científica para ajuda na recolha dos dados de campo.

III.2 DESENVOLVIMENTO DA CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA

III.2.1 DEFINIÇÃO DO ÂMBITO, FRONTEIRAS E EXCLUSÕES

A classificação de sistemas de recolha depende, em primeiro lugar, da definição do que se entende por “recolha”, “sistema de recolha” e das suas fronteiras, detalhado nos capítulos II.2.3 e II.5.1, sendo determinante a identificação e selecção das componentes dos sistemas e actividades da operação de recolha a considerar.

As fronteiras da proposta de classificação foram definidas pela operação de recolha, que inclui a recolha de resíduos a partir de várias fontes, o transporte destes para o local onde os veículos de recolha são esvaziados e a descarga dos veículos (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993). A proposta concentra-se, no entanto, nas primeiras etapas do processo de recolha de resíduos definido por Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010), que começa com o enchimento de recipientes e termina com o carregamento dos veículos de recolha, deixando o transporte e descarga dos veículos para um segundo plano.

De facto, no que respeita às actividades determinantes na recolha, enquanto o transporte e descarga da viatura são operações semelhantes para a maioria dos sistemas de recolha, a manipulação dos resíduos na origem (contentorização utilizada) e posterior recolha pelas viaturas (sistema de engate, elevação e descarga) diferem muito de sistema para sistema, em função das características das instalações, actividades ou localizações onde os resíduos são produzidos e os métodos utilizados para o seu armazenamento “onsite” entre recolhas (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

No que respeita a exclusões, e voltando à classificação em função do “método de recolha de resíduos” (desenvolvida na alínea b) do capítulo II.5.3), os sistemas de recolha pneumáticos, a vácuo ou centrais também chamados de “sistemas de recolha especiais” (Nilsson, 2010; Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010; Kogler, 2007) foram excluídos do âmbito de aplicação da taxonomia proposta, por representarem uma opção tecnológica não tradicional e de alto custo dentro da gama de alternativas para a recolha de RU (Iriarte, 2009). O âmbito da classificação são assim os sistemas que utilizam viaturas de recolha, excluindo-se os sistemas que utilizam condutas pneumáticas, considerando a sua especificidade e reduzida implementação.

Também de acordo com o método de recolha de resíduos, os “sistemas de substituição” de contentores de grandes dimensões (vulgo “sistemas multibenne”), utilizados para a recolha de resíduos comerciais/industriais e resíduos de demolição e construção também foram excluídos, uma vez que o seu uso na recolha de RU de origem doméstica ou de resíduos comerciais equiparados a urbanos é bastante limitado (Kogler, 2007).

III.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E COMPONENTES A CONSIDERAR

A classificação de sistemas de recolha foi promovida desde a década de noventa, onde vários critérios que poderia caracterizar estes complexos sistemas têm sido relacionados aos seus componentes (contentores e veículos), como ambos estão interligados (o método de recolha), como os resíduos devem ser tratados e reciclados (fluxos de resíduos) e como os sistemas de recolha estão localizados na cidade (tipo de serviço). Durante a revisão bibliográfica foram identificadas duas abordagens principais de classificação - as baseadas no serviço de recolha, complementadas muitas vezes por uma descrição das fontes de geração dos resíduos e/ou a fluxos de resíduos recolhidos separadamente, e as focadas nos meios de recolha e equipamentos - recipientes e viaturas, podendo verificar-se que a maioria das classificações, utiliza esta segunda abordagem apenas como uma descrição complementar, em segundo plano, e específica do caso de estudo, isto é, sem nenhum cuidado de uma possível extrapolação.

De acordo com o que se apresenta no capítulo II.5.3, a revisão bibliográfica das classificações de sistema de recolha adoptadas pelos diferentes autores permitiu reduzir a classificação dos sistemas a cinco critérios. A metodologia para o desenvolvimento desta proposta de classificação incluiu a análise crítica quanto à sua viabilidade para classificar os sistemas de recolha, análise esta que se descreve a seguir:

- a) Tipo de serviço
- b) Método de recolha

- c) Recipientes
- d) Viaturas
- e) Origem e separação na fonte

a) Tipo de Serviço

Os diferentes tipos de serviços de recolha oferecidos aos utentes têm uma variedade de denominações grande, relacionadas com a forma como os cidadãos interagem com o sistema e o tipo de resíduos recolhidos. Dependendo de como os moradores interagem com o sistema de recolha, existe uma enorme diversidade de denominações, que se apresentam na alínea a) do capítulo II.5.3, no entanto, os sistemas podem ser agrupados em dois tipos principais: sistemas individuais, ou “porta-a-porta” e sistemas colectivos (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2010). No que respeita à relação com os fluxos de resíduos recolhidos, os sistemas de recolha porta-a-porta “full service” são geralmente utilizados para a recolha indiferenciada, os sistemas porta-a-porta na berma para a recolha selectiva de orgânicos, e os sistemas porta-a-porta na berma ou sistemas colectivos na recolha de recicláveis (papel, vidro, metal, plástico) (ISWA e WGCTT, 2004; Rhyner, 1995). Os sistemas de recolha podem ainda ser classificados em sistemas com serviço de recolha programada (dias fixos) ou a pedido (ISWA e WGCTT, 2004; Nilsson, 2010).

O tipo de serviço tem, de facto, uma contribuição bastante baixa na distinção dos vários sistemas de recolha. Na verdade, existem vários tipos ou sistemas contentor-viatura capazes de responder às necessidades do mesmo tipo de serviço. Portanto, o tipo de serviço tem mais impacto sobre a quantidade e qualidade de materiais recicláveis a recolher, e participação dos cidadãos, ou pode ser usado para estabelecer como a gestão e recolha de resíduos pode ser cobrada.

b) Método de recolha

O método de recolha é o processo de esvaziamento do recipiente e sua mecanização. De acordo com este processo, e conforme foi desenvolvido no capítulo II.5.3, a recolha pode ser “estacionária” (os recipientes são despejados no mesmo local), pode ser “por substituição” (trocados para outro recipiente vazio), ou de “sentido único” (os recipientes são transportados para outro destino). No que respeita à mecanização, só a recolha estacionária pode ser considerada como um sistema de recolha manual; Todos os outros métodos são mecanizadas, designados na literatura como sistemas de recolha semi-automáticos ou automáticos (Nilsson, 2010; O’Leary e Walsh, 1995; Rhyner, 1995; Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993).

A mecanização é a característica mais tecnologicamente dependente, relevante para a classificação de sistemas de recolha, estando ligada à dimensão dos recipientes de recolha: os contentores com maior capacidade são utilizados para o transporte de resíduos não-degradáveis ao centro de recolha, de “sentido único”; em contraste, a recolha de resíduos biodegradáveis é estacionária, e aplica-se a recipientes menores capacidades, que são esvaziados no veículo. O processo de esvaziamento está mais relacionado com uma perspectiva económica e de aplicação de contentor, sendo relevante para caracterizar como o circuito deve ser operado a partir desta perspectiva.

c) Recipientes

O tipo de recipiente refer-se ao receptáculo temporária de deposição de resíduos. A variedade de recipientes é vasta, mas as classificações existentes na literatura, apresentadas no capítulo II.5.3, são caracterizadas principalmente pelo tipo, material e tamanho. O tipo inclui sacos, caixas, recipientes, tambores, recipientes de rodas, caixas para viaturas *multilift* (recipientes “roll-off”) e recipientes compactadores, só para citar alguns (Bilitewski, Wagner e Reichenbach, 2008). Os contentores subterrâneos foram investigados por ISWA e WGCTT (2004), Greco *et al.* (2014) e Nilsson (2010); e

os contentores “roll-off” por O’Leary e Walsh (1995) e Rhyner (1995). As classificações em função do material e tamanho do recipiente são mais limitadas. Os materiais consistem, principalmente, em materiais plásticos e metálicos (Bilitewski *et al.*, 2010), mas também papel e cartão (Diaz, 2005; Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Uriarte, 2008). Em relação ao tamanho, os recipientes são geralmente classificados como pequeno, médio ou grande (Bilitewski *et al.*, 2010), mas algumas pesquisas identificam o tamanho pelo volume do recipiente, como em Bilitewski, *et al.* (2010), Greco *et al.* (2014), e Uriarte (2008).

A revisão permitiu também concluir que existe uma relação intuitiva entre o tipo e o tamanho do recipiente: os sacos e contentores sem rodas tendem a ser mais pequenos e os recipientes de rodas e subterrâneas maiores. Por exemplo, a família de normas EN 840 (CEN, 2014) classifica “contentores de duas rodas, com uma capacidade de até 400 litros”, “contentores de quatro rodas com tampa (s) plana ou abobadada com uma capacidade de até 1.300 litros”, e “recipientes de quatro rodas com tampa plana com uma capacidade de até 1.700 litros”. Estas normas estendem a classificação dos recipientes, para incluírem as características dos dispositivos de elevação (CEN, 2014), também relacionadas com as dimensões do recipiente.

Consideradas todas as características utilizadas, a mais relevante do ponto de vista tecnológico é o tipo de recipiente, porque é uma característica que pode ser alvo de inovação, que teria assim que ser incluída na proposta de classificação. A utilização de outros tipos de materiais para além do plástico e metal é limitada, estando a inovação focada essencialmente na biodegradabilidade, especifica apenas da utilização de sacos para resíduos biodegradáveis.

d) Viaturas

Na revisão bibliográfica apresentada no capítulo II.5.3, é patente a enorme diversidade de classificações para identificar as viaturas concebidas para a recolha e transporte de resíduos, que foram sistematizadas em classificação pelo “tipo de viatura” e pela “zona de carga”. O tipo considera o método de recolha, compactação, os dispositivos de carga de contentores e a zona de carga. No método de recolha as viaturas são divididas nos sistemas de substituição e estacionários (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Diaz, 2005). Considerando a forma como os contentores são carregados, podemos ter viaturas de gancho e elevação ou “lift-off”, viaturas com estrutura de inclinação ou “roll off”, (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Theisen, 2002; Uriarte, 2008; Nilsson, 2010). Greco *et al.* (2014) referem-se ainda as “viaturas para contentor” e “viaturas com grua”. No que respeita à compactação, as viaturas são compactadoras (compartimentadas ou não) ou não-compactadoras (caixa aberta ou fechada) (Bilitewski, *et al.*, 2010; O’Leary e Walsh, 1995; Rhyner, 1995). A zona de carga classifica as viaturas em viatura de carga superior, lateral ou traseira (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Theisen, 2002; Uriarte, 2008).

Do resumo acima conclui-se que o tipo de viatura e local de carga são ambos importantes para adoptar numa classificação porque influenciam o método de recolha, o tipo de recipiente, bem como o posicionamento do recipiente em relação à viatura.

e) Origem dos resíduos e separação na fonte

Este critério está relacionado com a origem dos resíduos (o lugar onde é produzido) e com o esquema de separação de resíduos na origem considerados na área. As fontes de resíduos definidas na literatura estão em grande parte divididas em fontes residenciais/domésticas (principalmente classificadas por unifamiliares ou multifamiliares de habitação, moradias ou apartamentos) (Kirkeby *et al.*, 2006; O’Leary e Walsh, 1995; Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993; Uriarte, 2008), comerciais equiparados a domésticos, institucionais e industriais (Bilitewski *et al.*, 1994; Bilitewski *et al.*, 2010; Rhyner, 1995).

Quando existe separação na origem, o sistema pode ser definido pelos resíduos recolhidos como “misturados”, “residuais”, “materiais recicláveis secos” e “recicláveis” (Bilitewski *et al.*, 2010), só para citar alguns.

A definição da origem e separação dos resíduos a recolher influencia a frequência de recolha e a capacidade do recipiente, mas não é relevante para o tipo de sistema contentor-viatura, porque o mesmo recipiente e viatura podem ser utilizados para recolher os diferentes resíduos. Portanto, a origem dos resíduos e separação na fonte não são necessários para promover uma classificação robusta.

Esta análise das características principais utilizadas na classificação de sistemas de recolha mostra que existe uma lacuna na identificação das características fundamentais para caracterizar completamente os sistemas. A diversidade das denominações existentes para os mesmos recursos e funcionalidades não estão focadas na perspectiva tecnológica, tornando a sua comparação inútil e negligenciando a dualidade específica da relação contentor-viatura. Um exemplo das ditas características não-tecnológicas são os materiais do recipiente, intervalos de capacidade e geometria. Para dar um exemplo, alguns estudos identificam contentores pela sua geometria como “iglu” ou com nomes de marca registradas como “Molok” (Kaliampakos e Benardos, 2013; Nilsson, 2010; ISR, 2003).

A taxonomia a assumir para classificar sistemas deve mostrar as semelhanças e diferenças entre os sistemas de recolha e seus componentes, e os seus usuários devem ser capazes de sistematicamente preencher e recuperar informações de forma eficiente e eficaz para facilitar o uso da taxonomia por vários campos científicos e de pesquisa. De acordo com Eksioglu (2009), uma taxonomia eficaz deve ser compreensiva, parcimoniosa e útil: compreensiva porque deve abarcar todos os aspectos que poderiam influenciar a eficiência; parcimoniosa para incluir apenas as componentes e características necessárias; e útil para cientistas de diferentes áreas, bem como para engenheiros e gestores da recolha.

Concluindo, pelos motivos expostos, a abordagem adoptada para a presente proposta taxonómica resulta da tecnologia utilizada para o armazenamento temporário e posterior recolha dos resíduos pelas viaturas, focando em três componentes: os recipientes, as viaturas compatíveis e correspondente método de recolha.

O desenvolvimento da proposta de classificação taxonómica, assentou assim na definição de Bilitewski *et al.* (2010), onde um sistema de recolha é definido como uma combinação de tecnologia e trabalho humano e caracterizado por três componentes: (i) os contentores usados; (ii) o método usado na recolha e (iii) os veículos de recolha.

III.2.3 CARACTERÍSTICAS-CHAVE E COMPATIBILIDADE DOS COMPONENTES

A gestão dos resíduos é vista como parte de um sistema de geração, recolha e deposição, que requer uma abordagem sistemática para entender todos os componentes e suas interações (Seadon, 2010). A mesma abordagem pode ser usada para estudar os sistemas de recolha, que são relativamente complexos, compostos pelas componentes contentor e viaturas, interactivas e interdependentes.

Identificados os componentes a utilizar na abordagem da classificação, a revisão da literatura e das fichas técnicas dos equipamentos providenciou informações valiosas sobre o desenvolvimento dos sistemas aplicados nas cidades europeias, bem como as tendências futuras, que possam influenciar a taxonomia. Para superar a necessidade de informações sobre a funcionalidade dos equipamentos e tecnológica, sua avaliação e comparação, a taxonomia proposta deveria responder às exigências técnicas do mundo real e aos aspectos críticos do equipamento.

Sabendo que nos sistemas de recolha que utilizam veículos, a tecnologia é definida pela combinação do recipiente e do veículo de recolha, e que um único tipo de recipiente pode ser recolhido por diferentes tipos de veículos e vice-versa, há tantas soluções tecnológicas possíveis como o número de combinações compatíveis destes dois elementos, tornando classificação complexa. De facto, cada tipo diferente de método de recolha tem sistemas de contentores compatíveis ou dedicados e veículos com dispositivos de carga adequados (Bilitewski *et al.*, 2010). Um dos objectivos da proposta de taxonomia, era que a mesma fosse de fácil aplicação e compreensão, objectivo este que esteve sempre presente na metodologia.

Seguindo a definição de Bilitewski, Wagner e Reichenbach (2010), que define o sistema de recolha como uma combinação de tecnologia e trabalho humano, foi assim necessário adoptar uma metodologia que se baseasse, em primeiro lugar, na “tecnologia”, isto é, na determinação das características chave dos dois componentes separadamente – contentores e veículos de recolha, e depois avaliar a sua interacção e consequente “trabalho humano”.

As características-chave para uma classificação taxonómica devem ser sempre as que permitem não só caracterizar a componente em questão, mas também distingui-la das demais, pela identificação das características distintivas, específicas apenas do equipamento A ou B.

Esteve também sempre presente a necessidade de desenvolver uma chave de classificação de fácil aplicação, devendo as características seleccionadas corresponder a aspectos cuja identificação fosse rápida, bastando a simples observação visual do componente – contentor ou viatura, para aplicar a chave taxonómica correspondente. Apenas em situações pontuais mais específicas deveria ser necessário a consulta dos catálogos.

Esta análise baseou-se, numa primeira fase, na revisão bibliográfica e consulta das especificações técnicas destes equipamentos. Da revisão da literatura destacam-se os relatórios da ISWA (Kogler, 2007; Kaliampakos e Benardos, 2013), que deram informações valiosas sobre o desenvolvimento dos sistemas de recolha em uso em diferentes cidades europeias, os sistemas existentes e alternativos e tendências futuras. As características, desenhos técnicos e dados operacionais dos equipamentos foram obtidos junto de diversos fornecedores de equipamentos de recolha, muitos de âmbito internacional ou mundial, que se irão nomear no capítulo V. Nesta fase verificou-se que naturalmente existem equipamentos que são mais usados em determinadas zonas do Mundo que noutras. Por exemplo, existem alguns tipos de veículos que são menos comuns na Europa, como os veículos de carregamento frontal, que são comuns nos EUA para recolher contentores de grandes dimensões. Verificou-se também que existem equipamentos cuja utilização se concentrou em determinados períodos de tempo: os veículos de compactação contínua - tambor rotativo ou compactadores de parafuso de Arquimedes, muito utilizados no passado, têm visto um declínio de popularidade por preocupações de segurança e maior consumo de combustível. Apesar destas diferenças, geográficas e temporais, na metodologia adoptada assumiu-se que a classificação teria que ser abrangente, cobrindo todas as tecnologias disponíveis no mercado.

A sistematização das categorias taxonómicas que iam sendo identificadas ao longo desta fase suportou-se na utilização de tabelas, onde foram sendo sistematizadas as classes e sub-classes dentro de cada categoria. Foi assim possível analisar as tabelas e identificar elementos concordantes ou sobrepostos, isto é, identificar classes e sub-classes que devolviam o mesmo tipo de equipamento após aplicação da classificação, resultante de diferentes categorias. Esta identificação permitia eliminar ou agrupar categorias, quando possível, no sentido da sua simplificação. Esta metodologia foi sendo aplicada tendo permitido concluir que bastariam quatro categorias taxonómicas, quer para os contentores quer para as viaturas para abranger todos os aspectos críticos e identificativos dos equipamentos, que constituiriam quatro “ramos principais” na “árvore” do diagrama de classificação, que depois seriam divididos em classes e sub-classes, até ao último ramo.

Numa segunda fase, estas categorias taxonómicas foram validadas ou complementadas com trabalho de campo, desenvolvido durante as campanhas de recolha de informação realizadas em três municípios onde operavam as soluções técnicas dos sistemas representativos de cada categoria taxonómica identificada - Lisboa, Sintra e Cascais, conforme se descreve no capítulo III.5.

No final, o trabalho desenvolvido numa primeira fase de revisão da literatura e análise de folhas técnicas, e numa segunda fase de teste e verificação iterativa com trabalho de campo permitiu, no seu conjunto, a definição dos aspectos críticos na operação de recolha para cada uma das duas componentes – recipientes e viaturas, para todos os sistemas de recolha disponíveis no mercado, e assim desenvolver a taxonomia.

A metodologia adoptada para a representação gráfica da classificação baseou-se na utilização de “diagramas de árvore” para sistematizar e descrever as classes e subclasses de cada característica técnica da componente do sistema, de forma cada vez mais específica, podendo chegar a até um máximo de cinco níveis, de forma a não tornar a classificação demasiado complexa. O número de características – chave de cada componente e classe ou sub-classes também não deveria ultrapassar os 4 “ramos” (Figura III-1).

Os diagramas ou chave de classificação foram desenvolvidos de forma que na base estivessem as classes mais abrangentes. Em cada categoria taxonómica, à medida que se fosse avançando na classificação seriam eliminados equipamentos, isto é, o âmbito dos equipamentos a considerar ia sendo progressivamente reduzido até terminar na última sub-classe, que classificava o equipamento para aquela categoria.

A cada classe e sub-classe foram atribuídos acrónimos desenvolvidos para os termos em inglês, para os tornar de aplicação universal: inicialmente adoptaram-se os prefixos das designações de cada uma, no entanto, para evitar que a nomenclatura final ficasse demasiado extensa, acabou por se utilizar a(s) primeira(s) letra(s) da(s) palavra(s) que identificavam cada categoria, classe ou sub-classe. Para além dos acrónimos desenvolveram-se também chaves taxonómicas, isto é, a componente a classificar era identificada por um número assim como cada classe e sub-classes, que serve de referência para a mesma, de acordo com a Figura III-1.

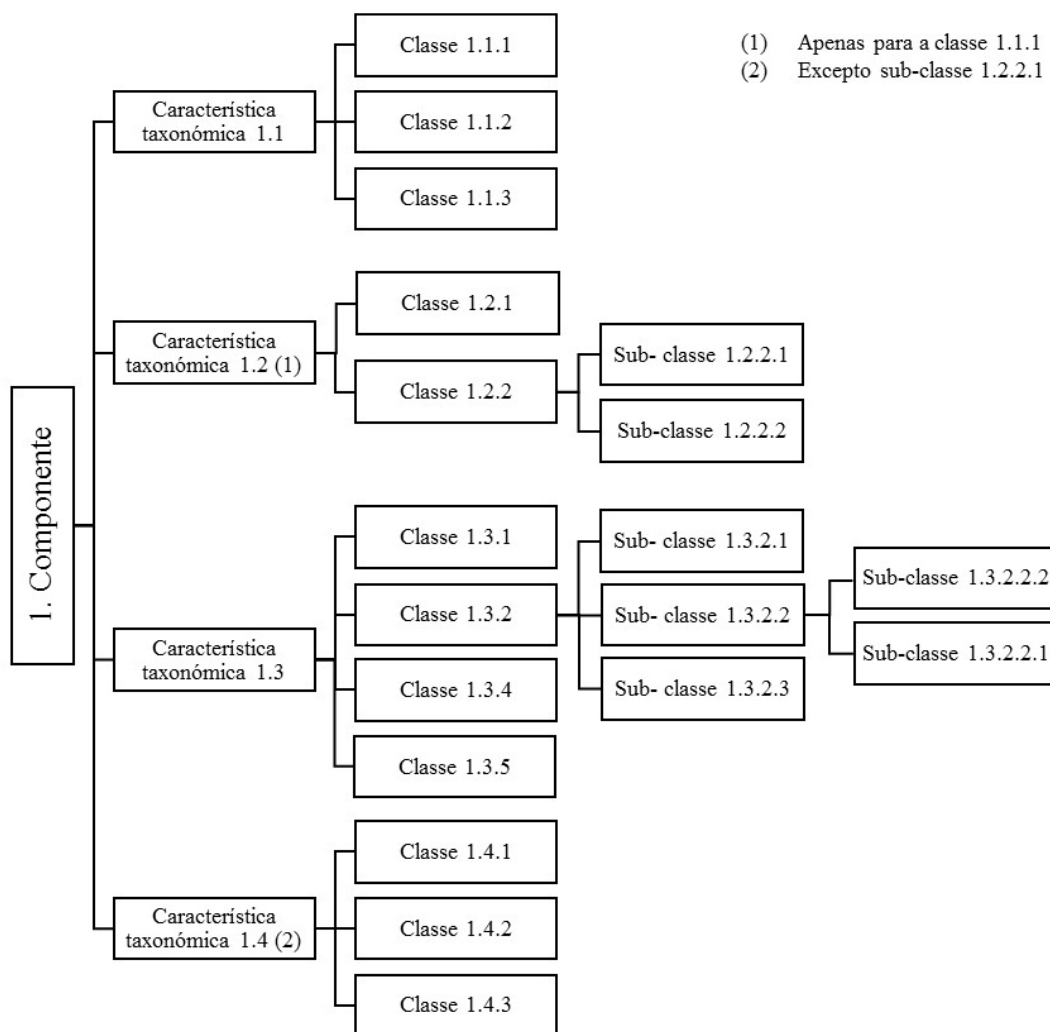


Figura III-1 – Representação esquemática da sistematização adoptada no desenvolvimento da classificação taxonómica.

Foi também definido que a ordem da aplicação da taxonomia não seria aleatória, devendo ser feita no sentido descendente, isto é, deveria começar-se a classificação pela primeira categoria (primeiro ramo do diagrama sistematizado na Figura III-1, categoria 1.1) e depois passar à categoria imediatamente abaixo, e assim sucessivamente. Nestes ramos “de cima” seriam assim colocadas as características também mais abrangentes, para que, quando aplicável, a classificação em determinada classe ou sub-classe pudesse dispensar a utilização de uma categoria do nível inferior, quando a mesma não fosse aplicável, de acordo com o indicado no diagrama.

A raiz da árvore é a componente a classificar, dividida no primeiro nível ou ramo pelos aspectos ou características técnicas “base” consideradas relevantes para classificar esta componente, que depois de sub-dividem nas diferentes classes possíveis para aquela característica de classificação taxonómica, que se podem ou não sub-dividir em mais ramos ou “sub-classes”. Cada “classe” e “sub-classe” foi descrita para apoiar a taxonomia desenvolvida.

Definida a classificação para as componentes contentor e viatura, foi necessário avançar com a identificação das classes taxonómicas de compatibilidade entre componentes. As combinações possíveis entre estas duas componentes, determinavam o método de recolha e consequentemente o esforço manual associado (Figura III-2).

De facto, o método de recolha descreve como o contentor interage com a viatura e a equipa de recolha (Rodrigues, Pires e Martinho, 2016). Uma das componentes identificadas como determinantes nos sistemas de recolha, apesar de não ser um critério utilizado nas classificações de sistemas encontradas na revisão bibliográfica, é a dimensão da equipa de recolha. No desenvolvimento metodológico da classificação, esteve assim sempre presente a intenção de incorporar os diferentes tipos de mecanização e consequentemente de exigência de recursos humanos na classificação final do sistema.

Sistema	Dimensão da Equipa (N)
Manual	$N \geq 3$
Assistido	$2 < N < 3$
Semi-automático	$1 < N < 2$
Automático	$N = 1$

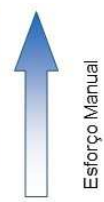


Figura III-2: Relação entre o método de recolha e o trabalho humano exigido

Para classificar os sistemas de acordo com o método de recolha, foi necessário estabelecer uma relação entre os recipientes e as viaturas. Porque os métodos de recolha estão relacionados com a sua mecanização e permitem esta ligação, teriam que ser abordadas as classes taxonómicas que determinassem o acoplamento contentor-viatura. Estas classes, ao resultarem da mecanização do sistema, estão assim intimamente relacionadas com a exigência em termos do trabalho manual, que se pretendia também estabelecer.

Foram assim identificadas as características, tanto no contentor como na viatura, que determinavam a sua compatibilidade, e a partir destas definiram-se os tipos de métodos de recolha possíveis, definidos em função do grau de mecanização/automatização. Com base nas chaves taxonómicas para as características de compatibilidade contentor-viatura, e utilizando o diagrama desenvolvido para a classificação do método de recolha, pode ser determinada a chave do sistema de recolha: do conjunto da classificação do contentor, viatura e método de recolha resulta a classificação taxonómica proposta.

III.2.4 IDENTIFICAÇÃO DE “EQUIPAMENTOS TIPO”

A classificação desenvolvida foi complementada pela identificação de “equipamentos-tipo” representativos de cada classe taxonómica, que seriam assim concretizadas com um exemplo representativo de um equipamento comercializado para cada uma.

A metodologia partiu da descrição dos contentores e viaturas representativos dos últimos ramos do diagrama de árvore desenvolvido, isto é, para todas as últimas sub-classes do diagrama de classificação ou suas combinações, seria descrito o equipamento-tipo respectivo, exemplificando assim o funcionamento da taxonomia, pela identificação dos aspectos das componentes a serem analisados e descritos.

As diferentes variantes existentes no mercado para o mesmo equipamento, como a capacidade ou materiais, que não foram considerados como elementos taxonómicos, mas foram identificadas e descritas, surgindo assim como elementos variáveis que cada equipamento tipo pode assumir.

Considerando a variabilidade de soluções de contentores existentes para o mesmo tipo taxonómico, que aqui se irão designar por “modelos”, foram identificados os mais representativos de cada ramo do diagrama, excluindo os modelos obsoletos e/ou demasiado específicos, que se distinguíssem apenas pela particularidade da sua geometria, materiais e/ou capacidades, consideradas como características complementares e não como critérios taxonómicos, como já referido. Concretizando com um

exemplo, se o contentor-chave a descrever correspondesse a um contentor subterrâneo onde as colunas de deposição pudessem assumir uma enorme diversidade de geometrias e materiais (quase “a pedido” do cliente), seriam descritas apenas as colunas do modelo “standart” do fornecedor ou as mais vulgarmente utilizadas.

Cada contentor e viatura “tipo” foi descrito de acordo com todas as categorias taxonómicas, classes e sub-classes da proposta de classificação, atribuindo-se os respectivos acrónimos e chaves taxonómicas.

Esta descrição dos contentores e viaturas chave foi também acompanhada por uma imagem, que poderia ser uma fotografia do equipamento ou desenho técnico, seleccionados para ilustrar de forma clara as categorias taxonómicas identificativas desse equipamento-chave.

Finalmente, os métodos de recolha-chave puderam ser caracterizados pelos recipientes e viaturas-chave compatíveis, resultando na classificação das três componentes e assim do sistema de recolha, cuja nomenclatura resulta do conjunto de anacrónicos - para o contentor e viatura.

III.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INDICADORES

III.3.1 ÂMBITO, OBJECTIVOS E PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

III.3.1.1 ÂMBITO E OBJECTIVOS

A avaliação de sistemas de recolha depende das fronteiras definidas para o sistema e será sempre, em algum grau, específica do local. Idealmente, o efeito dos factores controlados pela gestão de resíduos devem ser investigados individualmente e aplicados no planeamento da recolha de resíduos e previsão de resultados (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). No entanto, diversos outros factores são relevantes, como por exemplo, as metas ambientais, funcionalidade técnica, custos operacionais, tipos ou materiais recicláveis recolhidos separadamente, serviço oferecido (recolha porta-a-porta ou colectiva), os incentivos económicos, estratégias de informação, estrutura residencial, entre outros. Pode até não ser desejável controlar os factores que não podem ser controlados pela gestão de resíduos, mas estes devem ser entendidos, uma vez que podem oferecer explicações das variações observadas.

Apesar da complexidade e influência da área de serviço, é possível melhorar consideravelmente o potencial para comparações pela utilização de indicadores simples (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). É assim importante considerar os dados dos fluxos de resíduos no contexto do projecto técnico do sistema de recolha e relacionar os dados com a parte relevante das actividades de recolha (Dahlén e Lagerkvist, 2010b).

O sistema de indicadores de desempenho e *benchmarking* a propor assume o mesmo âmbito, fronteiras e exclusões da avaliação que se adoptaram na proposta de classificação (detalhados no capítulo III.2.1.), definidos *a priori*, para identificar claramente as componentes dos sistemas e actividades da operação de recolha a considerar.

Durante a revisão bibliográfica ficou claro que existiam variáveis que dependiam exclusivamente do sistema de recolha e outras que dependiam do contexto em que o sistema está inserido. Um objectivo central que esteve presente na definição dos indicadores foi a redução da influência das especificidades da realidade física (tipologia urbana), demográfica, social, cultural e económica das áreas geográficas a servir, sempre que possível.

Apesar da enorme evolução técnica na área da gestão de resíduos, em particular dos sistemas de informação e gestão em tempo real das operações com base geográfica, há dados base chave, fundamentais para o dimensionamento e concepção dos sistemas de recolha, cuja disponibilidade não seguiu esta tendência: os dados sobre o peso específico dos diversos fluxos de resíduos nos diferentes tipos de recipientes e sobre o tempo de recolha para os diferentes tipos de sistemas de engate viatura-contentor são raros, e surgem na literatura de forma pouco sistemática, resultando numa enorme dependência de dados empíricos e de análises estatísticas.

A ausência de dados base comparáveis, para a concepção e planeamento dos vários sistemas de recolha disponíveis no mercado e a influência que as soluções técnicas têm na gestão operacional e financeira da recolha de resíduos, torna o processo de tomada de decisão sobre o sistema a adotar importante, mas muito difícil de realizar.

Assim, outro objectivo presente na metodologia, foi o de ultrapassar esta necessidade que os técnicos e gestores do serviço de recolha de resíduos têm, de informação sobre os dados específicos de cada sistema de recolha, em particular sobre os pesos específicos e tempos de recolha, tentando obter dados de referência por sistema de recolha.

Mas antes de obter valores de referência dos indicadores (isto é, resultados finais com valores em absoluto), os indicadores a definir deveriam permitir, em primeiro lugar, obter resultados conclusivos em termos relativos, dando lugar à comparação das diferenças entre sistemas, num claro exercício de *benchmarking*. Só para os indicadores onde fosse possível isolar os factores externos aos sistemas é que se poderiam considerar os resultados como valores de referência a adoptar para o sistema em questão.

Também durante a revisão bibliográfica foi possível constatar o amplo consenso sobre os factores de produção relevantes na recolha de RU e *inputs* necessários para alimentar os *softwares* de optimização de circuitos, destacando-se: a capacidade dos recipientes e veículos de recolha (a área a servir deve corresponder a múltiplos da capacidade das viaturas, em peso ou volume), a rede viária (distância percorrida, velocidades, restrições), o peso específico nos diferentes tipos e tamanhos de recipientes, a capitação de resíduos em cada ponto de recolha, o tempo de recolha - dividido nas suas diversas partes ou operações unitárias, dimensão da equipa e total de horas de trabalho (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001; Sonesson, 2000; Anghinolfi, 2013; Tavares *et al.*, 2006; Johansson, 2006). Todos os autores estabelecem os circuitos de recolha essencialmente como uma função da capacidade do veículo e/ou tempo de trabalho da equipa de recolha.

Foi também possível concluir que as variáveis que traduzem a eficiência do processo de recolha de resíduos (como os turnos, força de trabalho e utilização do veículo) são significativas para determinar os seus custos (Greco *et al.*, 2014), pelo que a análise económica dependerá sempre de uma análise de variáveis operacionais. No que se refere aos custos, destacam-se os custos com pessoal, combustíveis e viaturas, incluindo os custos de amortização, de capital e de manutenção e seguro (Dogan e Süleyman, 2003; Arribas, Blazquez e Lamas, 2010). O principal *output* é o número de toneladas de resíduos recolhidos e posteriormente transportados para tratamento (Bosch, Pedraja e Suárez-Pandiello, 2001).

De acordo Dahlén e Lagerkvist (2010b) e Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), os diferentes sistemas de recolha podem ser analisados e comparados para cada operação unitária no âmbito da concepção técnica do sistema, relacionados com as componentes relevantes da atividade de recolha que permite a obtenção de dados que podem ser usados universalmente. Assim, para a garantir a universalidade pretendida para a aplicação dos indicadores, a sua definição partiria também da separação dos circuitos de recolha em operações unitárias ou fases. Para além de universalidade, esta abordagem deveria garantir também flexibilidade: os indicadores deveriam poder ser calculados por circuito, por tipo de

contentor, viatura ou sistema e por tipo de resíduo, para ser possível ajustar o nível de detalhe incluído na análise que se pretende fazer.

Finalmente, também da revisão bibliográfica que se apresentou no capítulo II.6.4, em particular da análise realizada aos indicadores utilizados no serviço de recolha, resulta que os mesmos se concentram essencialmente no desempenho do serviço prestado, sem o relacionar com a tecnologia utilizada, deixando os contentores e veículos para segundo plano. Os indicadores seriam assim definidos com o objectivo de se relacionarem exclusivamente ou quase exclusivamente ao equipamento, tendo sempre presentes os três factores com maior relevância no serviço de recolha destacados no final da análise bibliográfica, nomeadamente o consumo de combustível, os meios humanos e os equipamentos, que cruzados com a variável que caracteriza a produtividade do sistema – a quantidade recolhida, permitiriam avaliar o seu desempenho. Os indicadores a propor seriam assim normalizados ou aferidos a uma mesma unidade funcional, que seria a quantidade recolhida.

III.3.1.2 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Definidos o âmbito e objectivos orientadores para a concepção do sistema de indicadores, foi necessário concretizá-los numa série de pressupostos, que resultam das conclusões da revisão bibliográfica apresentada no fim do capítulo II.6.4 e do conhecimento das características dos equipamentos mais relevantes para a operação de recolha. Destes pressupostos resultaram as variáveis definidas como críticas para a operação de recolha, que seriam utilizadas na definição dos indicadores. Os sete pressupostos metodológicos adoptados descrevem-se assim nos parágrafos abaixo:

- I. *O conhecimento das características físicas dos recipientes é crítica na selecção do tipo apropriado de recipiente, adaptado às necessidades específicas do serviço de recolha, taxa de geração de resíduos e espaço público disponível*

Um dos factores que pode ser controlado por meio da gestão de resíduos são as soluções técnicas adoptadas nos sistemas de recolha, mas a complexidade é alta, e precisa ser reduzida a factores críticos, na análise de causas e efeitos.

A tecnologia dos sistemas de recolha é definida pelo conjunto recipiente e viatura, e os tipos de recipientes são uma das primeiras decisões que um gestor de RU tem de enfrentar. A decisão resulta de vários factores, dependendo das limitações geográficas e dos principais objectivos definidos para o serviço de recolha na área. Para suportar esta decisão, os indicadores teriam de se focar nas características técnicas dos contentores identificadas como relevantes e distintivas durante a revisão bibliográfica e desenvolvimento da proposta de classificação taxonómica.

Um dos factores relatados na bibliografia relaciona-se com a influência que os recipientes têm sobre a composição dos resíduos doméstico, nomeadamente a sua função e capacidade de atracção (Dahlén e Lagerkvist, 2010b). São também encontradas preocupações relativas à dimensão dos contentores, nomeadamente em relação à ocupação do espaço público e impacte visual provocado pelos contentores (González-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres, 2003; González-Torre e Adenso-Díaz, 2005). De acordo com Bautista (2006) e Vijay (2008), a eficácia de um sistema de gestão de resíduos depende em grande parte da localização adequada dos contentores, da estimativa da produção de resíduos e da capacidade de armazenamento on-site, tendo Kaliampakos e Benardos (2013) acrescentado a utilização de espaço do sub-solo pelos recipientes como determinante na capacidade de armazenamento em zonas urbanas.

Concluindo, os indicadores a definir teriam que se focar nas características técnicas que traduzissem a sua acessibilidade, ocupação de espaço público e capacidade de armazenamento:

I.1 Acessibilidade – Altura e secção das bocas de deposição

Da análise das características técnicas dos equipamentos, em particular das dimensões dos contentores (altura, largura e fundura) e bocas de deposição (altura e largura, ou raio), concluiu-se que a maior variação que se registava (e que terá também maior peso na acessibilidade dos utentes), era na altura das bocas de deposição - muitas vezes dependente da altura total do equipamento, e na secção livre de deposição de resíduos.

De acordo com Ordoñez *et al.* (2015), é fundamental incluir os utentes no processo de melhoria dos sistemas de recolha de resíduos, de modo a que as soluções desenvolvidas estejam alinhadas com as necessidades reais dos utentes. De facto, nem todos os cidadãos têm igualdade de oportunidades de participação activa nas tarefas ambientais comunitárias, tais como a deposição selectiva de resíduos; as pessoas com deficiência e idosos têm problemas no manuseio e entrega não só dos resíduos indiferenciados, mas também dos jornais/revistas e vidro/garrafas (Jensen, 2001). Para pessoas em cadeira-de-rodas ou com limitações de mobilidade (pessoas idosas e/ou com bengala), as alturas das bocas de deposição são problemáticas, por não conseguirem aceder à maioria (Jensen, 2001) (Figura III-3).

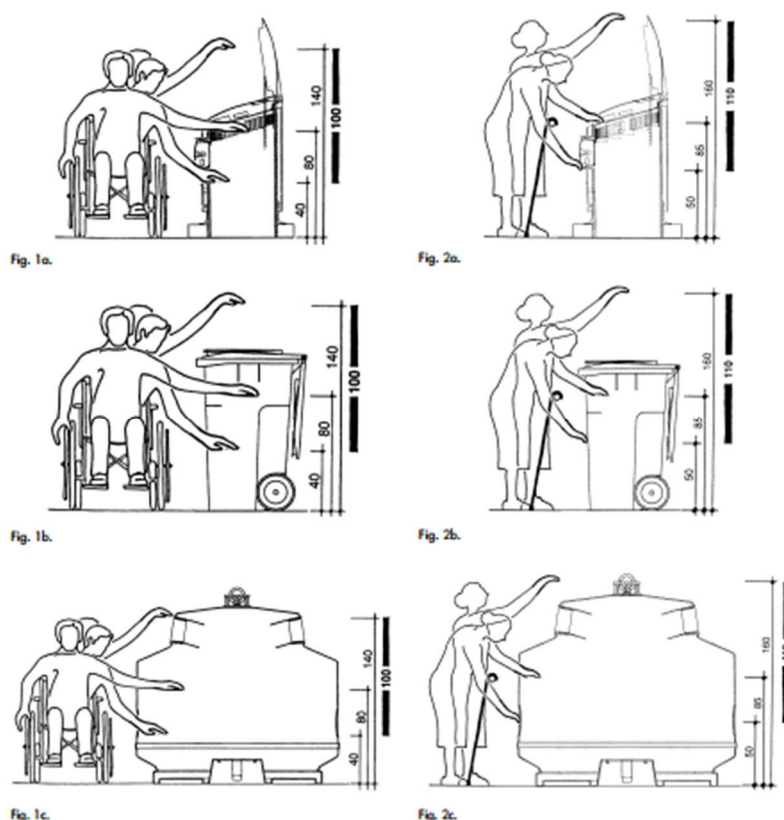


Figura III-3 – Desenho esquemáticos das acessibilidades de pessoas com mobilidade condicionada a equipamentos com bocas de deposição a altura diferentes (Jensen, 2001).

De acordo com Jensen (2001), qualquer alteração no sentido do aumento da acessibilidade das pessoas com deficiência e idosos irá resultar num aumento de eficiência da separação de recicláveis não só para os dois grupos em questão, mas para todos os grupos de usuários.

Verifica-se também uma enorme diversidade de geometrias e dimensões das bocas de dimensão, desenvolvidas pelos fabricantes dos equipamentos para se adaptarem às características dos fluxos de resíduos que irão receber, em particular às dos resíduos de embalagens recicláveis, com o objectivo de reduzir o potencial de contaminação. Mas a dimensão das aberturas nem sempre é adequada ao fluxo de resíduos em questão. Por exemplo, as grandes dimensões dos resíduos comerciais em zonas mistas, de ocupação residencial e comercial, constituem um problema, uma vez que as bocas de deposição têm geometrias e secções adaptadas às embalagens domésticas, que nem sempre se adaptam às embalagens produzidas nestas zonas.

Concluindo, um factor importante ao desenhar um recipiente é a altura e secção da abertura de deposição, que foram assim variáveis seleccionadas para os indicadores a definir.

I.2 Área de implantação

Da análise das áreas de implantação dos diferentes tipos de contentores, resultou a enorme variação existente. De acordo com Bautista (2006), as dimensões dos contentores de recolha são consideráveis, pelo que minimizar o número de pontos de recolha reduz o nível global de comprometimento da população pelo ruído e de despesa global, uma vez que a instalação de contentores obriga ao condicionamento de áreas especiais para o efeito. Kaliampakos et al. (2013) acrescentam ainda que a utilização do espaço do subsolo pode providenciar um cenário para o desenvolvimento de infra-estruturas capazes de abordar de uma forma mais eficiente as limitações dos sistemas de gestão de resíduos existentes.

Assim, adaptar a área ocupada pelo equipamento à taxa de geração de resíduos e espaço público disponível, pode ser uma meta importante ao projetar contentores de RU, por exemplo, em centros históricos com ruas estreitas onde o espaço público disponível para a instalação destes equipamentos é limitado.

Esta foi uma variável seleccionada para a comparação entre sistemas de recolha.

I.3 Capacidade líquida de armazenamento dos recipientes

A capacidade de armazenamento é crítica e é o ponto de partida na concepção de um sistema de recolha. Verifica-se que é comum utilizar recipientes de capacidades diferentes para os diferentes fluxos de resíduo a recolher, em resposta a captações variáveis para estes fluxos. No entanto, nem sempre as capacidades instaladas são adequadas às captações e frequências de recolha, registando-se frequentemente taxas de enchimento dos contentores inferiores a 50%, fruto de um mau planeamento e concepção dos sistemas.

Uma das principais razões para a ineficiência do uso de recipientes grandes, é a alta capacidade dos mesmos, em comparação com a frequência mínima permitida em alguns fluxos de resíduos. Concretizando com um exemplo, Ordoñez *et al.* (2015) avaliaram o desempenho da infra-estrutura para a deposição selectiva disponibilizada aos utentes em dois edifícios em Gotenburg (Alemanha), tendo concluído que um dos factores importantes no sucesso da recolha com separação na origem seria resolver o desfasamento entre as características técnicas do sistema e o comportamento esperado ou desejado para o utente. De facto, estes autores verificaram que a capacidade instalada para a deposição selectiva de resíduos orgânicos correspondia apenas à quantidade gerada no presente, resultando assim na ausência de incentivo para que a mesma

aumente: se se espera que os utentes separem a maior parte de seus resíduos biodegradáveis, então deveria haver espaço suficiente (capacidade disponível) para tal.

Finalmente, considerando que a capacidade bruta indicada pelos fornecedores nem sempre corresponde à capacidade útil, isto é, à capacidade efectiva de armazenamento de resíduos, que deve ser o valor a utilizar no dimensionamento dos sistemas, concluiu-se que conhecer as capacidades líquidas por tipo de contentor e fluxo de recolha seria fundamental para os objectivos do estudo.

II. O conhecimento das características físicas das viaturas é crítica na selecção do tipo apropriado, adaptado às necessidades específicas do serviço de recolha e área a servir.

A frota é uma variável com um enorme peso do serviço de recolha. De facto, no que diz respeito bens de capital, os elementos básicos são os veículos e contentores, que são expressos em termos de número de unidades físicas ou em termos de sua capacidade (García-Sánchez, 2008). A optimização de custos depende assim de forma relevante da adequada gestão da frota e planeamento dos circuitos de recolha, uma vez que a carga útil máxima dos veículos utilizados afecta os custos da recolha, devendo a capacidade ser múltiplo do número de cargas cheias (O'Leary e Walsh, 1995): se os veículos não estiverem a terminar circuitos meio vazios, a utilização de veículos maiores podem reduzir custos (Hogg, 2001). Um factor de importância inegável para o serviço de recolha é o consumo de combustível, que dependerá de uma série de factores, relacionados com os resíduos, área de recolha, distância até o ponto de descarga, motorista e, naturalmente, com a viatura de recolha (Larsen *et al.*, 2009).

Os tipos de veículos utilizados devem também ser compatíveis com as características e restrições da rede rodoviária. De facto, nos regulamentos criados pelos serviços responsáveis pela recolha de resíduos, com as regras e linhas de referência para o serviço recolha, encontram-se indicações para normalizar os equipamentos utilizados na área/município, entre elas, as dimensões standart dos diferentes veículos de recolha e raios de curvatura, de forma a suportar o planeamento e projectos de urbanismo.

A capacidade e dimensões da viatura, incluindo a altura de circulação e de operação, foram assim variáveis seleccionadas para os indicadores.

III. Conhecer o peso específico dos resíduos dentro do recipiente para cada tipo (geometria e capacidade) de recipiente é crítico.

O parâmetro que mede a eficácia da contentorização é a relação quilos recolhidos por litro instalado (Satué, 2000). Isto é suportado por Petersen e Berg (2004), que conclui que concepção e dimensionamento do recipiente pode ser optimizada utilizando os valores de peso específico.

Durante a revisão bibliográfica, ficou claro que os pesos específicos de cada fluxo de resíduos em contentor são um *input* necessário na definição e optimização de circuitos de recolha. São dados difíceis de medir, especialmente em recipientes maiores, considerando a mão-de-obra e equipamentos necessários, pelo que a maioria dos dados de peso específico disponíveis derivam das caracterizações da composição física de resíduos realizadas nas instalações de tratamento, que não podem ser utilizados, uma vez que desprezam a taxa de compactação da viatura. Um dado também comum na bibliografia é o peso específico de cada tipo de material, em vez do fluxo de resíduos recolhidos.

Concluindo, um dos indicadores a definir seria o peso específico dos resíduos em contentor, para cada tipo de contentor identificado na taxonomia e para cada fluxo de resíduo.

IV. *O tempo é uma variável fundamental na gestão da recolha de resíduos: conhecer o tempo de recolha para cada sistema é crítico.*

Da revisão bibliográfica resulta que o tempo é uma variável crítica na operação de sistemas de recolha, determinante, entre outros factores, na afectação de mão-de-obra e consumo de combustível associado a cada sistema, identificados como factores de relevância para o serviço de recolha.

O tempo de recolha do recipiente para cada sistema de recolha ou método de elevação e descarga do contentor é também um dado base exigido pelos algoritmos dos *softwares* de optimização de circuitos de recolha e que, quando relacionado com a capacidade recolhida, é um indicador decisivo para determinar a eficácia do equipamento. Tal como é relatado por Tanskanen e Kaila (2001), "existe uma interdependência entre a quantidade de resíduos recolhidos por ponto e o tempo de recolha necessária por tonelada de resíduos."

Concluindo, o tempo seria uma das variáveis a utilizar na definição de indicadores de recolha, em particular associada à fase operacional de recolha do contentor, vulgarmente designado por "tempo de recolha" e à fase de recolha efectiva do circuito - designado por "tempo de recolha efectiva", que se inicia com a recolha do primeiro contentor da volta e termina com a recolha do último. Saber o tempo de recolha para cada sistema e relacioná-lo com a quantidade de resíduos recolhidos (volume e peso) permitiria assim criar indicadores operacionais úteis.

V. *A definição das variáveis operacionais de serviço deve partir da divisão dos circuitos de recolha nas suas diferentes operações unitárias, devendo a análise de benchmarking focar-se na fase de recolha efectiva.*

Para fazer uma análise comparativa dos diferentes sistemas de recolha, as variáveis a recolher devem corresponder a intervalos de tempo e distâncias percorridas para cada operação unitária ou fase do circuito de recolha. Da revisão bibliográfica já detalhada no capítulo II.4.2, resultou a divisão dos circuitos de recolha de acordo com a abordagem de Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) que dividiram a sequência das operações de recolha nas cinco operações unitárias que se indicam na Tabela III-2.

Tabela III-2. Operações unitárias consideradas na definição de variáveis e indicadores de serviço

Operações unitárias	Definição
De e para Parque (t_1+t_2)	Período que decorre desde a saída do parque de viaturas até ao primeiro ponto de recolha e desde o último ponto de recolha até ao parque de viaturas.
Recolha Efectivo ($T_{re\ t}$)	Período que decorre entre o primeiro ponto de recolha e o último (para cada volta).
Transporte ($T_t\ t$)	Período que decorre entre o último ponto de recolha e a estação de tratamento e regresso ao primeiro ponto da segunda volta (quando aplicável)
Deposição ($T_d\ t$)	Período que decorre nas instalações da estação de tratamento, para descarga dos resíduos
Não Produtivo ($T_{np\ t}$)	Período não produtivo: registos (inicial e final), pausas, abastecimento, etc.

Ao excluir as fases que resultam de questões geográficas da zona a servir pelo circuito e localização das instalações (parque de viaturas e estação de tratamento) e as fases não produtivas (que dependem de questões de planeamento específicas da entidade gestora e não do sistema

de recolha), focando a análise nos tempos e distâncias de recolha efectivos, é possível fazer uma comparação entre sistemas de recolha isolando a maioria dos factores externos aos mesmos.

Assim, para a comparação de sistemas, devem ser utilizados os dados de tempo e distâncias relativos à fase de recolha efectiva que, quando analisados em separado e cruzando com dados de execução operacional, nomeadamente com a quantidade recolhida e o número de pontos servidos, permitem avaliar o desempenho dos sistemas. Devem no entanto ser também recolhidos os dados relativos às restantes fases ou operações do serviço de recolha, para aferir o peso relativo que cada uma tem no total do circuito e contextualizar os resultados obtidos para os indicadores.

- VI. *As variáveis financeiras de serviço com maior relevância nos custos totais do serviço são os equipamentos (veículos e contentores), os meios humanos e o consumo de combustível.*

A definição das variáveis financeiras de serviço deve resultar das parcelas de custo com maior peso no custo total do serviço de recolha. Da revisão bibliográfica dos indicadores de custo mais utilizados, presente no capítulo II.6.4, concluiu-se que são vários os factores com relevância no serviço de recolha, mas três devem ser destacados, nomeadamente os equipamentos, os meios humanos e o consumo de combustível.

- VII. *A análise dos sistemas de recolha deve ser feita por fluxo de resíduo recolhido, considerando as especificidades dos equipamentos e fluxos.*

Os sistemas de recolha selectiva com separação de resíduos na fonte são muito comuns nos países ocidentais, sendo hoje vistos como um pré-requisito necessário para a gestão sustentável dos resíduos. Para enfrentar os desafios e exigências crescentes impostas pelas disposições políticas e jurídicas adoptadas na UE, nomeadamente na Directiva Embalagens, um largo espectro de soluções técnicas para diferentes tipos de problemas e fluxos de resíduos foram desenvolvidas durante as últimas décadas nos países europeus líderes em tecnologia (Bilitewski *et al.*, 2010).

Os indicadores seriam assim definidos tendo presentes as diferenças resultantes dos fluxos de resíduos a recolher, identificando-se, sempre que necessário, se o indicador em questão seria sensível ao fluxo e, portanto, se deveria ser calculado separadamente para cada fluxo de resíduo recolhido.

- VIII. *Os serviços de lavagem de contentores e de viaturas devem ser incluídos na análise, considerando que têm um peso considerável nos custos totais e que a exigência dos mesmos depende do sistema de recolha adoptado.*

Evitar ou reduzir a frequência de lavagem pode ter um efeito significativo na redução de custos (Ricci, 2003). É, no entanto, uma operação que está separada da operação de recolha e cujo custo está muito mais dependente das opções de planeamento e exigências de qualidade de serviço específicas de cada zona do que com a opção tecnológica, isto é, do que com o sistema de recolha adoptado. Não é assim um indicador que possa ser usado para a comparação de sistemas, mas sim como informação complementar sobre as exigências operacionais adicionais em termos de meios e consumíveis e de custo total de gestão.

Serão assim incluídas variáveis que permitam avaliar esta operação, cuja avaliação não será assim feita por tipo de equipamento mas sim por tipo de lavagem: os sistemas podem ser

compatíveis com “lavagem automática”²⁸ (lavagem com viaturas cisterna lava-contentores) ou “lavagem manual” (com auxílio de máquina de lavagem de alta pressão com pistola e reservatório).

Do conjunto do âmbito, objectivos e pressupostos metodológicos assumidos para este estudo resultou a definição das variáveis a utilizar na definição de indicadores, que se definem a seguir.

III.3.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS CHAVE

Em cumprimento com o primeiro objectivo indicado no capítulo anterior, foram identificadas as variáveis que dependiam exclusivamente do sistema de recolha e as que dependiam do contexto em que o sistema está inserido, que resultou na criação de dois grupos, nomeadamente:

- I. **Variáveis de Equipamento**, relativas exclusivamente às características físicas dos equipamentos (contentores ou viaturas);
- II. **Variáveis de Serviço**, que dependem de condições externas à tecnologia dos equipamentos, quando em serviço em determinada zona, como a composição do fluxo de resíduos (depende dos hábitos de consumo e deposição da população) e as condições operacionais locais do serviço de recolha e de lavagem oferecido.

As variáveis ou dados a recolher para o cálculo dos indicadores resultaram dos objectivos e pressupostos metodológicos assumidos, tendo sempre presente a necessidade de reduzir a complexidade dos sistemas de recolha para criar um sistema de indicadores de fácil aplicação.

As variáveis foram organizadas em quatro grupos, que se apresentam nas tabelas abaixo: (i) as variáveis operacionais de equipamento, (ii) as variáveis operacionais de serviço, (iii) as variáveis financeiras de equipamento e as (iv) variáveis financeiras de serviço.

Enquanto as variáveis de equipamento se referem ao contentor ou à viatura, as variáveis de serviço referem-se ao sistema, isto é, ao conjunto contentor e viatura, salvo excepções pontuais, que no caso das variáveis operacionais de serviço (Tabela III-4) é o peso máximo total do contentor, relativo apenas ao contentor, apesar de interessar para o conjunto contentor-viatura, uma vez que define a capacidade de carga que o equipamento de elevação da viatura deve suportar para ser compatível com aquele contentor. No caso das variáveis financeiras de equipamento (Tabela III-6), a excepção são os custos de aquisição do sistema de recolha, que como o nome indica, se referem ao conjunto contentor e viatura.

²⁸ Actualmente, em Portugal, a ERSAR avalia apenas o serviço de lavagem automática, medindo a qualidade deste serviço nas entidades gestoras através de um indicador que mede a frequência de lavagem dos contentores com viatura lava-contentores, exclusivamente em função do número de lavagens realizadas por ano, independentemente da tipologia de contentor (ERSAR, 2014)

Tabela III-3 – Variáveis operacionais de equipamento (características físicas e design dos contentores e viaturas)

Variáveis de Equipamento	Definição	Unid.
Contentores		
Dimensões da base de implantação do contentor	Dimensões (largura e comprimento ou diâmetro) da área da projecção mais larga do corpo do contentor (equipamento de superfície) ou da coluna de deposição (equipamento subterrâneo).	m
Dimensões das bocas de deposição	Largura e altura ou diâmetro	cm
Altura de deposição	Altura de deposição dos resíduos (medida desde o pavimento até à boca de deposição)	m
Volume não útil	Volume que não está disponível, i.e., que não é possível utilizar para o armazenamento de resíduos (ex. volume acima das bocas de deposição)	m ³
Tara	Peso do contentor vazio	kg
Viaturas		
Capacidade ²⁹	Cubicagem da viatura	m ³
Tara	Peso da viatura vazia	t
Peso bruto máximo	Peso bruto máximo legal, de livrete	t
Taxa de Compactação ³⁰	Número de vezes máx. que a cubicagem da viatura é aumentada	1:x
Alcance máximo da grua ³¹	Distância máxima de alcance da grua	m
Capacidade máxima da grua	Capacidade de carga máxima da grua	t
Capacidade de carga no alcance máximo da grua ⁵	Peso máximo suportado na distância máxima de alcance de grua	kg
Dimensões da viatura	Altura, largura, distância entre eixos, raio de curvatura	m
Altura de circulação	Altura total com elevador/grua recolhidos	m
Altura de operação	Altura total com elevador/grua estendidos	m

²⁹ Nas viaturas lava-contentores regista-se a cubicagem do reservatório de água limpa e de água suja.³⁰ Aplicável a viaturas compactadoras.³¹ Aplicável a viaturas com grua.

Tabela III-4 – Variáveis operacionais de serviço (sensíveis às características dos resíduos e condições operacionais)

Variáveis de Serviço	Definição	Unid.
Peso máximo total do contentor	Peso máximo do contentor cheio, i.e., peso a suportar para descarregar um contentor cheio ⁽¹⁾	kg
Peso máximo total da viatura	Peso máximo da viatura cheia ⁽¹⁾	kg
Tempo de e para parque	Somatório dos intervalos de tempo desde a saída do parque de viaturas até ao primeiro ponto de recolha e do último ponto de recolha até ao parque de viaturas.	min
Distância de e para parque	Somatório das distâncias percorridas desde a saída do parque de viaturas até ao primeiro ponto de recolha e do último ponto de recolha até ao parque de viaturas.	km
Tempo de recolha efectiva	Intervalo de tempo que decorre entre o primeiro ponto de recolha e o último (para cada volta).	min
Distância de recolha efectiva	Distância percorrida desde o primeiro ponto de recolha até ao último (para cada volta).	km
Tempo de lavagem efectiva ⁽²⁾	Intervalo de tempo que decorre entre o primeiro ponto de lavagem e o último (para cada volta).	min
Distância de lavagem efectiva ⁽²⁾	Distância percorrida desde o primeiro ponto de lavagem até ao último (para cada volta).	km
Tempo de transporte	Período que decorre entre o último ponto de recolha e a Estação de Tratamento e regresso ao primeiro ponto da segunda volta (quando aplicável)	min
Distância de transporte	Distância percorrida entre o último ponto de recolha e a Estação de Tratamento e regresso ao primeiro ponto da segunda volta (quando aplicável)	km
Tempo de deposição	Intervalo de tempo gasto nas instalações da Estação de Tratamento (desde a entrada até à saída), para descarga dos resíduos.	min
Distância de deposição	Distância percorrida dentro das instalações da Estação de Tratamento (desde a entrada até à saída), para descarga dos resíduos.	km
Tempo de descarga da viatura	Tempo que a viatura demora a descarregar a cuba.	min
Tempo não produtivo total	Somatório de todos os intervalos de tempo não produtivos: tempo para registos, tempo de pausa, tempo de abastecimento.	min
Tempo para registos	Intervalo de tempo, no início e fim do circuito, para iniciar e terminar o serviço (ex.º tempo para recolher a equipa, definir o serviço, preencher as folhas diárias pelos motoristas), desde o início do turno (picagem do ponto) e o arranque da viatura	min
Tempo de pausa	Intervalo de tempo para pausa da equipa (obrigatória ou não)	min
Tempo de abastecimento	Intervalo de tempo gasto a abastecer a viatura (se durante o turno de serviço).	min
Tempo de abastecimento de água ⁽²⁾	Intervalo de tempo gasto a abastecer a viatura lava-contentores de água limpa (se durante o turno de serviço).	min
Número de pontos recolhidos	Número total de pontos onde se fez recolha de resíduos no circuito.	Unid.
Número de contentores recolhidos	Número total de contentores recolhidos no circuito	Unid.
Tempo de recolha unitário	Intervalo de tempo entre a paragem da viatura para recolher o contentor e o arranque da viatura para o próximo ponto.	min

Tabela III-3 – Variáveis operacionais de serviço (sensíveis às características dos resíduos e condições operacionais) - continuação

Variáveis de Serviço	Definição	Unid.
Tempo de lavagem unitário ⁽²⁾	Intervalo de tempo entre a paragem da viatura para lavar o contentor e o arranque da viatura para o próximo ponto.	Min
Consumo de combustível	Média anual do consumo médio de combustível (gasóleo, biocombustível, GNC, etc.) por viatura, aos 100 km	l/100km ou m ³ /100km
Consumo de água ⁽²⁾	Média do consumo de água por contentor/viatura	l
Consumo de detergentes ⁽²⁾	Média do consumo de detergentes por contentor/viatura	
Dimensão da equipa de recolha	Número de trabalhadores utilizados, por categoria	unidades
Dimensão da equipa de lavagem	Número de trabalhadores utilizados, por categoria	unidades
Quantidade recolhida	Quantidade de resíduos recolhida por volta (pesagem da descarga de resíduos na estação de tratamento)	t
<i>(1) Corresponde a uma taxa de enchimento de 100%</i>		
<i>(2) Apenas para os serviços de lavagem de contentores e/ou viaturas.</i>		

Tabela III-5 – Variáveis financeiras de equipamento (independentes da zona de serviço)

Variáveis de Equipamento	Definição	Unid.
Custo de aquisição ³² contentores	Custo de aquisição do equipamento (amortizado ao tempo de vida)	€.ano
Custo de aquisição de viaturas	Custo de aquisição do equipamento (amortizado ao tempo de vida)	€.ano
Custo aquisição do sistema	Custo total anual de investimento em equipamento (contentores e viatura), amortizado ao tempo de vida	€/ano

Tabela III-6 – Variáveis financeiras de serviço (sensíveis às características dos resíduos e do serviço) para o sistema de recolha (conjunto contentor e viatura)

Variáveis de Serviço	Definição	Unid.
Serviço de Recolha		
Custo recursos humanos	Custo anual com RH, por equipa	€.ano
Custo manutenção do sistema	Custo total anual de manutenção do equipamento (contentores e viatura), amortizado ao tempo de vida	€.ano
Custo com combustíveis	Custo total anual em combustível	€.ano
Custos exploração do sistema ³³	Somatório dos custos de RH, manutenção e combustíveis	€.ano
Custo total da recolha	Somatório dos custos de aquisição e exploração do sistema	€.ano

³² Inclui custo de instalação, quando aplicável (equipamentos semi-subterrâneos e subterrâneos).

³³ Excluem-se os custos de lavagem, que são avaliados separadamente, como um serviço destinto, de apoio ao serviço de recolha.

Tabela III-7 – Variáveis financeiras de serviço (sensíveis às características dos resíduos e do serviço) para o sistema de recolha (conjunto contentor e viatura) – continuação

Variáveis de Serviço	Definição	Unid.
Serviço de lavagem de contentores e de viaturas		
Custo recursos humanos	Custo anual com RH	€.ano
Custo aquisição	Custo total anual de aquisição de equipamento de lavagem	€.ano
Custo em consumíveis	Custo total anual em consumíveis (água, detergentes e combustível)	€.ano
Custo total	Somatório dos custos de RH, aquisição e consumíveis	€.ano

III.3.3 VARIÁVEIS OPERACIONAIS

III.3.3.1 DIMENSÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS CONTENTORES

Para recolher os dados relativos às características físicas e dimensões dos contentores (variáveis operacionais de equipamento indicadas na Tabela III-3), a metodologia a aplicar baseia-se na consulta das fichas técnicas dos fornecedores, complementada e/ou validada por observações e medições feitas no campo utilizando uma fita métrica, nomeadamente para os dados do volume não útil dos contentores, da altura e dimensões das bocas de deposição, ou dimensões da base de implantação (e.g. colunas de deposição), nem sempre disponíveis nas fichas técnicas. Assume-se o valor resultante de uma média ponderada sempre que os contentores de um determinado tipo, isto é, com a mesma classificação taxonómica, que se encontram instalados no terreno para um dado circuito ou área a estudar sejam de modelos comerciais diferentes (de fornecedores diferentes), podendo neste caso ter pequenas diferenças nas dimensões a registar.

Em relação às dimensões das bocas de deposição, foram sempre registadas as dimensões interiores (e não as da moldura/friso das bocas), isto é, as dimensões que permitem calcular a secção livre de deposição. A *altura a que boca de deposição está do solo* foi também registada, considerando que é um indicador muito importante para avaliar a acessibilidade do equipamento mas que geralmente não é indicado pelos fornecedores ou solicitado pelos técnicos responsáveis pela definição do sistema de recolha.

Para o *volume útil* e *volume não útil* dos recipientes, a metodologia definida baseia-se no método descrito por Petersen e Berg (2004), que consiste em medir a altura do conteúdo de cada recipiente antes de ser esvaziado, com uma taxa de enchimento de 100%, sendo o volume máximo de resíduos armazenáveis no recipiente calculado com base na geometria e o volume total do recipiente. Este método é facilmente aplicado em contentores de superfície com tampa, e quando os resíduos estão uniformemente distribuídos no contentor, mas as condições ideais nem sempre existem para os diferentes resíduos e geometrias do recipiente. Assim, é necessário adoptar pressupostos em função do tipo e geometria do contentor e local de deposição de resíduos: para os contentores onde a deposição é feita pela parte superior do corpo do recipiente, a capacidade útil foi considerada igual à capacidade nominal indicada pelo fornecedor. Este pressuposto aplica-se à totalidade dos contentores semi-subterrâneos e subterrâneos assim como aos contentores de superfície com tampa plana.

De facto, importa definir o que se entende por capacidade útil, nominal ou “líquida”. Quando enchemos um recipiente com um líquido, o mesmo assume a forma do recipiente sendo a quantidade de líquido igual ao volume interno do recipiente: *capacidade nominal* é o “volume de líquido que o tanque de carga

deve conter até o plano de referência” (INMETRO, 1989), isto é, o volume o espaço ocupado por um corpo tridimensional, que se calcula multiplicando as três dimensões. Este pressuposto é exemplificado graficamente na Figura III-4, onde se representa a secção de um tanque destinado ao transporte de líquidos, e que se pode aplicar para o armazenamento de resíduos nos contentores, uma vez que se pretende obter o volume total líquido disponível, independentemente dos espaços vazios que existem na massa de resíduos acondicionados dentro dos contentores, com uma taxa de enchimento de 100%.

DESENHO ANEXO À PORTARIA INMETRO Nº112 DE 24 DE MAIO DE 1989
CORTE TRANSVERSAL DO VAGÃO TANQUE
ANEXO 1

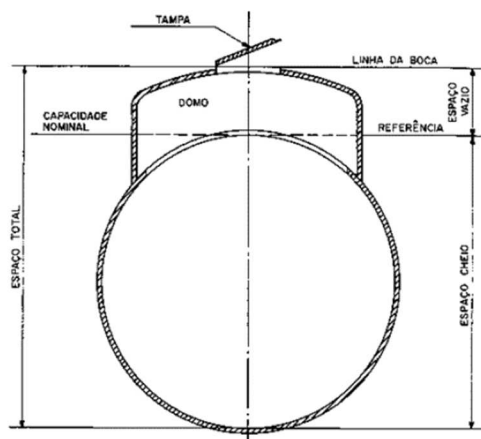


Figura III-4- Representação da definição de capacidade nominal³⁴ (INMETRO, 1989)

Sistematizando, para obter a capacidade líquida, deve ser seguida a seguinte metodologia e pressupostos:

- Para os equipamentos subterrâneos e semi-subterrâneos, assume-se que a capacidade líquida é igual à capacidade bruta, considerando que não existe, em teoria, volume por utilizar quando os contentores deste tipo atingem 100% da sua capacidade – as bocas de deposição localizam-se geralmente no cabeçote ou coluna de deposição, que não é contabilizada para a capacidade útil indicada, podendo cair no corpo do contentor até o mesmo estar completamente cheio;
- Para os equipamentos de superfície com tampa plana, onde a boca de deposição está na tampa e é central, assume-se também que a capacidade líquida seria igual à capacidade bruta, considerando que a geometria dos contentores e localização das bocas de deposição permite assumir que quando os resíduos atingem o topo do contentor e aparecem visíveis nas bocas de deposição, impedindo a deposição de mais resíduos no seu interior, todo o volume estará ocupado com resíduos;
- Para todos os restantes equipamentos de superfície, assumiu-se que a capacidade líquida é diferente da capacidade bruta, pelo que esta diferença teria que ser calculada com base em medições dos volumes vazios. Assim, para os contentores de superfície onde a deposição é feita pelas aberturas localizadas nas laterais dos corpos ou na tampa de deposição basculante (curva), é necessário medir as dimensões da zona do contentor que fica por utilizar (altura e fundura interiores dos espaços que ficam vazios) com base no desenho técnico das fichas dos

³⁴ Regulamento Técnico Metrológico que, com esta baixa, estabelecendo as condições a que devem satisfazer os tanques de carga montados sobre veículos ferroviários, utilizados na medição e transporte de líquidos

fornecedores e estimar a geometria em que os resíduos se encontram no seu interior, dividindo-se a metodologia em dois casos:

- se a deposição se fizer por duas bocas de deposição localizadas em duas laterais do corpo do contentor assume-se uma distribuição homogénea dos resíduos no seu interior (Figura III-5)



Figura III-5: Metodologia a aplicar para estimar o volume não útil (a tracejado no desenho) de um contentor de superfície com duas bocas de deposição nas laterais do corpo do contentor (distribuição homogénea dos resíduos).

- se a deposição se fizer por uma boca de deposição única, localizada na lateral do corpo ou tampa (Figura III-6), então é necessário prever a geometria do espaço indisponível criado pela distribuição heterogénea dos resíduos quando caem e se acondicionam no contentor. De facto, o volume da zona da tampa oposta ao lado de deposição não é utilizado pelos utilizados destes equipamentos, uma vez que os resíduos se acumulam do lado do corpo do contentor pelo qual se depositam os resíduos; quando atingem o nível da boca de deposição impedem o acesso ao volume atrás, assinalado a sombreado na Figura III-6.

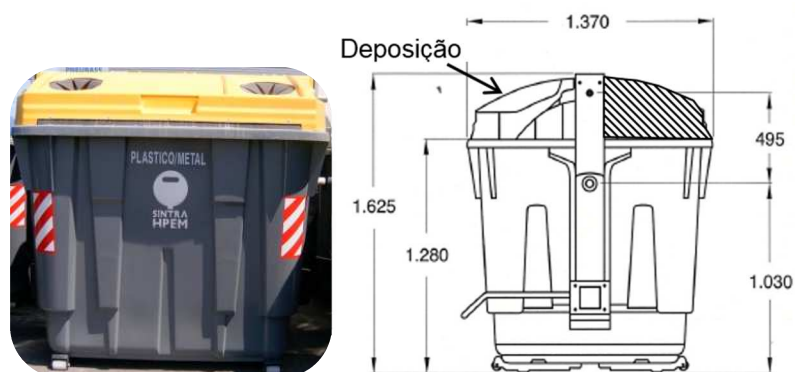


Figura III-6: Metodologia a aplicar para estimar o volume não útil (a tracejado no desenho) de um contentor de superfície com bocas de deposição numa das duas tampas do contentor (distribuição heterogénea dos resíduos- o espaço oposto ao lado de deposição não é utilizado)

Obviamente que esta metodologia devolve uma estimativa com resultados variáveis em função dos resíduos depositados, no entanto, a mesma apoiou-se em observações sistemáticas dos equipamentos cheios durante as campanhas de pesagem dos contentores, que confirmavam as geometrias assumidas pelos resíduos quando acondicionados nestes contentores, tendo-se considerada como válida.

Em relação à *tara* (Tabela III-3) e *peso máximo total do contentor* (Tabela III-4), a metodologia a aplicar consiste na condução de campanhas de pesagem dos contentores antes de serem despejados, com uma taxa de enchimento de 100% e depois de serem despejados, para obter a tara. De facto, considerando a relação direta entre a taxa de enchimento do recipiente e a densidade do conteúdo do recipiente de resíduos (Rives, 2010), a opção foi a pesar recipientes cheios, considerando-se um “recipiente cheio”, quando os resíduos podem ser vistos na abertura, impedindo a deposição de mais resíduos (contentores de superfície) ou quando os resíduos atingem o topo do corpo do contentor (contentores subterrâneos). Os meios necessários e a gama e precisão das balanças a utilizar devem estar adaptados às dimensões e gama de pesos esperada para cada tipo de recipiente, nomeadamente:

- i. Para recipientes de maiores capacidades, entre 1 e 5 m³, é necessário utilizar uma viatura com grua e um dinamómetro de gancho, bastando que tenha uma precisão de ± 1 kg. O dinamómetro é preso na ponta da grua e o contentor no seu gancho (recipientes com sistema compatível com recolha com grua), ou, caso o contentor não disponha de argola compatível (recipientes com sistema compatível com recolha com elevador), utiliza-se uma cinta de elevação de cargas ou correntes que se prendem aos sistemas de apoio laterais do contentor e ao gancho do dinamómetro.
- ii. Para recipientes com capacidades entre 0,09 e 0,360 m³, em vez do dinamómetro, pode-se utilizar uma balança de plataforma para pesagem, com uma precisão de $\pm 0,1$ kg, sendo os contentores colocados manualmente sobre a plataforma da balança para a sua pesagem;
- iii. Para os sacos, o mais adequado é a utilização de uma balança manual com gancho, com uma precisão de 0,05 kg.

Para garantir que os recipientes estão cheios, a equipa de recolha deve inspecionar visualmente com uma frequência determinada os pontos deposição, seleccionando os pontos e dias mais adequados para as medições, onde se registam taxas de enchimento superiores. Em alternativa, podem ser previamente seleccionados alguns pontos de deposição que não são recolhidos propositadamente e que são monitorizados, para depois serem pesados quando os recipientes ficam cheios.

As pesagens devem ser repetidas para cada tipo de recipiente e fluxo de resíduo para os contentores cheios, tendo-se definido como ponto de partida um mínimo de três pesagens, sendo a dimensão da amostra final resultante da análise estatística dos valores registados e da viabilidade operacional, financeira ou temporal existentes. Para os contentores vazios basta uma pesagem. Idealmente, as campanhas devem ser distribuídas durante o ano, para evitar a influência das condições meteorológicas na densidade dos resíduos, nomeadamente as variações do teor de humidade, que afectam particularmente o fluxo de papel/cartão. Pelo mesmo motivo, não devem ser pesados contentores depois de dias de chuva.

III.3.3.2 DIMENSÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS VIATURAS

Em relação às viaturas, para as variáveis operacionais de equipamento indicadas na Tabela III-3, a maioria das dimensões podem ser retiradas dos livretes das viaturas e catálogos com as especificações técnicas das mesmas.

Uma variável importante a recolher é peso máximo total da viatura cheia (Tabela III-4), que nem sempre é indicado pelos fabricantes e fornecedores de viaturas de recolha, uma vez que o seu cálculo depende do valor das taxas de compactação indicadas, que têm uma variabilidade grande com o tipo de resíduo.

De facto, a maioria das especificações técnicas dos compactadores indicam a taxa de compactação máxima em função do tipo de resíduo a recolher ou apresentam um gráfico que ilustra a relação entre o peso específico dos resíduos e a taxa de compactação, que nem sempre são aplicáveis, uma vez que nem sempre se conhece o peso específico dos resíduos e porque resultam de medições realizadas com fluxos de resíduos diversos.

Assim, para obter resultados mais reais, o valor pode ser obtido seguindo duas metodologias: através do histórico de pesagens de cada viatura na central de tratamento, presente nas bases de dados dos registos das descargas, filtrando-se os registos de valores superiores (assumindo que estes corresponderiam a descargas com a viatura cheia a 100%); ou através do registo manual nos talões de pesagem pelos motoristas, que no momento da descarga e sempre que a viatura se encontra completamente cheia (a maioria das viaturas compactadoras tem uma sinalização luminosa no painel que indica quando a viatura atingiu a sua capacidade), devem registar “viatura cheia” no talão de pesagem, incluindo a matrícula da viatura (se esta informação não for de registo automático).

III.3.3.3 VARIÁVEIS OPERACIONAIS DO SERVIÇO DE RECOLHA

Em relação às variáveis operacionais de serviço recolhidas durante a monitorização de circuitos da Tabela III-4, de acordo com o que foi indicado nos pressupostos metodológicos (pressuposto V), a metodologia a aplicar centra-se no registo de tempos e distâncias, divididos pelas sete fases ou operações unitárias que caracterizam um circuito de recolha, que por sua vez se podem subdividir em sub-fases, que se esquematizam no diagrama da Figura III-7, nomeadamente:

Do início do turno (picar o ponto) até arrancar com a viatura do parque de viaturas (PV) – fase não produtiva - registos iniciais;

1. Do PV até ao primeiro ponto de recolha – fase de transporte;
2. Do primeiro ponto de recolha até ao último ponto da primeira volta – fase de recolha efectiva;
 - desde a paragem da viatura para recolher o recipiente até arrancar para o próximo ponto – operação de recolha do(s) contentor(es);
3. Do último ponto da primeira volta até à entrada na estação de tratamento (ET) – fase de transporte;
4. Da entrada até à saída da ET – fase de deposição;
 - do início até ao fim da descarga da cuba da viatura – operação de descarga da viatura;
5. Da saída da ET até ao primeiro ponto de recolha da segunda volta³⁵ ou até ao PV – fase de transporte;
6. Da paragem da viatura até ao fim do turno - picar o ponto – fase não produtiva - registos finais. Durante estas fases podem acontecer fases não produtivas, que também se devem registar, nomeadamente:
 - do início da paragem para pausa até ao arranque da viatura – fase não produtiva - pausa;
 - do início da paragem para abastecimento até ao arranque da viatura – fase não produtiva – abastecimento ³⁶.

Existem assim cinco fases operacionais – (i) transporte de e para o parque de viaturas, (ii) recolha efectiva, (iii) transporte, (iv) deposição, e (v) não produtiva (que resulta do somatório de todas as

³⁵ Em circuitos com duas ou mais voltas repete-se a sequência a partir do ponto 2.

³⁶ Quando aplicável (*i.e.*, quando os abastecimentos da viatura são feitos durante o turno de recolha).

fases não produtivas – de registos iniciais e finais, de pausa e abastecimentos constitui o tempo não produtivo total).

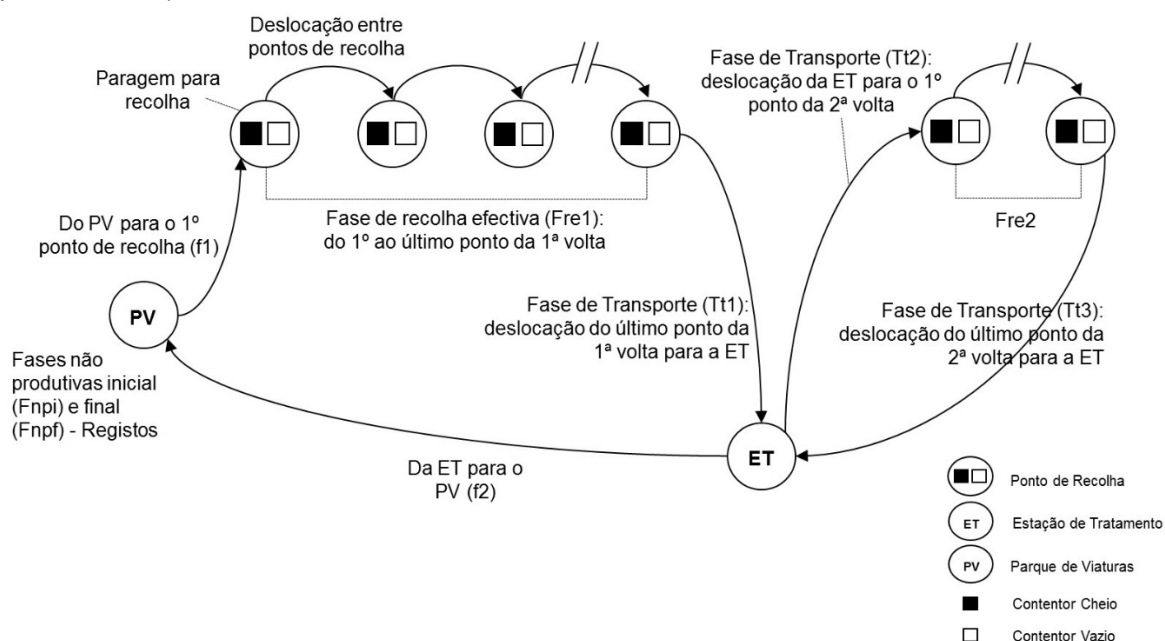


Figura III-7: Representação esquemática das fases de um circuito de recolha de contentores estacionários com duas voltas, adaptado de (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993)

Todos os dados recolhidos durante a monitorização de circuitos devem ser registados nas folhas de registo ou “fichas de campo” criadas propositadamente para o efeito, em campos próprios. Para elaborar as fichas de campo, para além de ser necessário listar todos os dados que se pretendem levantar, deve ser estudado o método de registo e gestão da informação relativa aos circuitos que a entidade responsável pelo serviço utiliza, identificando que informação é recolhida automaticamente e qual deve ser registada manualmente. Se a entidade tiver equipado a frota com sistemas que permitem a monitorização e gestão do serviço de recolha em tempo real, através de consolas com GPS instaladas nas viaturas de recolha (complementada ou não por uma antena de leitura RFID para identificação dos contentores, e pela monitorização das taxas de enchimento dos contentores com sensores ópticos), a recolha de informação fica reduzida apenas aos dados que não são recolhidos automaticamente por estes sistemas, facilitando muito as campanhas de monitorização de circuitos.

As fichas podem ser elaboradas para os registos serem feitos em papel ou em suporte digital, utilizando um dispositivo móvel, PDA ou Tablet. Independente do formato, as fichas devem ter um cabeçalho que permita a identificação completa do serviço, nomeadamente do circuito de recolha, data e turno, equipa de recolha, tipo de resíduo e viatura de recolha (se necessário, quando se trata de uma viatura de substituição ou quando a data e número de circuito não permitam identificar automaticamente a matrícula da viatura afecta ao serviço). Devem ter um campo para os registos de tempo e distâncias para as sete fases acima listadas, podendo ser utilizadas abreviaturas ou siglas de cada uma (Figura III-7), de forma a simplificar os registos e posterior tratamento de dados. Devem também ser registada a quantidade recolhida, número de pontos de recolha e número de contentores recolhidos por volta. Nos campos destinados ao registo dos tempos de recolha dos contentores, deve existir também um campo destinado ao registo do número de contentores recolhidos por ponto.

Caso os abastecimentos se façam durante o circuito de recolha e na ausência de um registo automático dos dados de consumo de combustível, deve existir ainda um campo para o registo dos abastecimentos. Todos os campos de preenchimento das fichas devem ter um campo para o registo

de observações. Sempre que possível, e no caso de se optar pelo formato digital, os campos podem ter uma lista de opções, do tipo “escolha à lista”, de forma a facilitar os registos durante as monitorizações.

As campanhas de monitorização de circuitos devem ser distribuídas igualmente durante a semana, turnos e equipas, de forma a reduzir o efeito das variáveis exteriores. Todos os acontecimentos ou situações do serviço que possam alterar o normal funcionamento da operação ou circuito de recolha que se está a monitorizar devem ser registados no campo de observações criado para o efeito nas folhas de registo. Para registar os intervalos de tempo que constituem as diferentes fases do circuito basta utilizar um relógio ou cronómetro com ± 1 minuto de precisão, excepto no registo dos tempos de recolha de contentores e de descarga da cuba da viatura, onde deve ser utilizado um cronómetro com ± 1 segundo de precisão.

No registo dos tempos de recolha de contentores, se mais que um contentor foi recolhido num determinado ponto de recolha, deve ser registado o número de contentores recolhidos. Devem também ser registadas todas as observações sobre situações pontuais ou anómalas que aconteçam durante a recolha dos contentores. As situações identificadas como as mais relevantes e que devem ser obrigatoriamente registadas, não obstante a ocorrência de outras, são as que se listam a seguir:

- i. Resíduos depositados fora dos recipientes de recolha;
- ii. Descontaminação manual realizada pelos cantoneiros durante a recolha;
- iii. dificuldade de acesso do sistema de elevação da viatura ao(s) contentor(es) devido a:
 - carros estacionados ilegalmente em frente do recipiente;
 - existência de cabos aéreos (de comunicações ou electricidade);
 - outros obstáculos;
- iv. Ciclo de compactação (demasiado longo ou frequente) que atrase a operação de recolha do recipiente;
- v. Realização de “puxada” dos recipientes pelos cantoneiros até a um ponto de recolha central, acessível à viatura (muito frequente nos sistemas de recolha de contentores de pequenas capacidades, porta-a-porta).

A informação registada nas fichas de campo deve ser inserida num ficheiro e sistematizada em colunas (tabelada) com um formato que permita a realização de operações de cruzamento, filtros e consulta de dados de forma fácil, preferencialmente compatível com um *software* de gestão de bases de dados (ou organizada de forma a ser exportada para este formato), considerando o volume de informação que resulta destas campanhas de monitorização.

Finalmente, a *quantidade recolhida por circuito* é a variável mais simples de obter, resultando dos registos automáticos das pesagens das viaturas na báscula instaladas nas estações de transferência ou estações de tratamento, que são realizados por matrícula e/ou por circuito, na maioria das vezes de forma automática, através da leitura de um cartão RFID que é passado à entrada e saída pelo motorista no leitor ou mesmo através de um sistema vídeo de identificação da matrícula que é automaticamente associada ao circuito correspondente, de acordo com a informação que consta da base de dados. A maioria das entidades gestoras recebe esta informação numa base diária, ou, no mínimo, numa base mensal, com todos os dados associados, nomeadamente a data, hora de entrada, hora de saída,

circuito (código numérico ou alfanumérico atribuído pela entidade gestora), matrícula, tipo de resíduo (código LER – Lista Europeia de Resíduos), tara da viatura, peso bruto e peso líquido.

De referir que as básculas têm um erro associado que, considerando as quantidades envolvidas e objectivos do sistema de indicadores, são desprezáveis.

III.3.3.4 VARIÁVEIS OPERACIONAIS DO SERVIÇO DE LAVAGEM

No caso do serviço de lavagem de contentores, a metodologia a aplicar divide-se pelos dois tipos de operação existentes - a lavagem automática de contentores, onde se utilizam viaturas lava-contentores e a lavagem manual, onde se utilizam máquinas de lavagem com pistola de alta pressão e um reservatório de água limpa, transportados numa viatura ligeira de caixa aberta. A lavagem manual subdivide-se em lavagem interior e exterior, que no caso dos contentores semi-subterrâneos e subterrâneos de recolha com grua é determinante nos meios necessários, uma vez que o procedimento exige a presença de uma viatura grua, para içar o saco ou contentor e permitir a lavagem interior da cuba onde o contentor está instalado, e ainda um equipamento de aspiração da água suja de lavagem do fundo da cuba.

Na lavagem de contentores, a metodologia e dados a recolher são semelhantes à monitorização dos circuitos de recolha, sendo que, neste caso, se acompanham os circuitos de lavagem, durante os quais se regista o tempo de lavagem efectiva e o tempo de lavagem por contentor lavado (em vez dos tempos de recolha efectiva e o tempo de recolha do(s) contentor(es) por ponto). Os restantes dados mantêm-se, acrescentando-se ainda registo do tempo de abastecimento do reservatório de água limpa, do volume de água limpa consumida e de outros consumíveis, nomeadamente os detergentes, desinfectantes e/ou desengordurantes habitualmente utilizados, de acordo com o indicado na Tabela III-4.

A monitorização do serviço de lavagem de viaturas depende também da metodologia utilizada durante esta operação, que pode ser 100% manual, realizada por um ou mais cantoneiros equipados com mangueiras ou pistolas de alta pressão, vassouras e outras ferramentas de limpeza; pode também ser mista, utilizando-se portais de lavagem automáticos, com aspersores de água que lavam o exterior da viatura. Para além da dimensão da equipa e do tempo total que demora a lavagem de uma viatura, devem ser também registados os tempos em que a água está aberta, assim como o caudal de água limpa, de forma a calcular os consumos de água. Na lavagem das viaturas são utilizados também produtos desengordurantes e desinfectantes, cujos consumos devem também ser registados.

III.3.4 VARIÁVEIS FINANCEIRAS

III.3.4.1 ENQUADRAMENTO

Existindo uma enorme variedade de formas como as entidades gestoras gerem a recolha de resíduos, não existe uma forma única de apuramento dos custos financeiros, mas qualquer abordagem obriga necessariamente a um levantamento exaustivo de informação, cuja definição depende do nível ou tipos de custos que se pretendem apurar (EPA, 1997). Na ausência de um padrão universalmente utilizado para o cálculo dos custos directos e indirectos, por exemplo da reciclagem ao nível municipal, os investigadores ou têm que negligenciar quaisquer comparações de custo ou empregam medidas razoáveis, porém imperfeitas (Folz, 1999).

No limite, seguindo o método de “full cost accounting” indicado pela EPA, seria necessário compilar de forma sistemática os custos iniciais de investimento, os custos de operação e os custos de fim-de-vida, sendo útil a seguinte informação (EPA, 1997):

- Informações descritivas sobre o sistema actual, incluindo a sua história, o alcance e os planos futuros.
- Inventário de ativos, tais como veículos, edifícios, equipamentos e terrenos, bem como os recursos humanos utilizados.
- Avaliação organizacional identificando as unidades de supervisão, bem como prestadores de serviços para o programa de resíduos sólidos.
- Registos disponíveis e relatórios financeiros.

Assim, a definição dos custos que seriam considerados e metodologia a aplicar no presente estudo, partiu da definição dos objectivos metodológicos apresentados no capítulo III.1.3. Considerando que o objectivo do presente trabalho não é a obtenção dos custos totais do serviço mas a comparação entre sistemas, os indicadores foram definidos com o objectivo de se relacionarem exclusivamente ou quase exclusivamente com a tecnologia utilizada, tendo sempre presentes os três factores com maior relevância no serviço de recolha – os equipamentos, os meios humanos e o consumo de combustível.

Sistematizando, os custos de um sistema de recolha podem ser classificados de diversas formas, nomeadamente:

I. Custos de investimento e exploração (Levy, Oliveira e Brito, 2007)³⁷:

- II.1. Custos de investimento inicial: aquisição de contentores e viaturas.
- II.2. Custos de exploração: recursos humanos, manutenções, consumíveis (combustível).

II. Custos directos e indirectos (ERSAR, 2012; Greco *et al.*, 2014; ERSAR, 2014):

- III.1. Custos directos: materiais, contentorização, frota de viaturas de recolha, salários directos e serviços externos.
- III.2. Custos indirectos: custos administrativos, outros custos gerais, encargos financeiros (ou custo de capital) e impostos.

III. Custos iniciais, operacionais e de fim-de-vida (EPA, 1997):

- IV.1. Custos iniciais: investimentos e despesas iniciais necessários para implementar os serviços;
- IV.2. Custos operacionais³⁸: despesas de gestão numa base diária;
- IV.3. Custos de fim-de-vida: gastos para concluir adequadamente as operações como, por exemplo, de encerramento das instalações no final da sua vida útil e de reformas de trabalhadores.

Estas classificações remetem para as principais categorias de custo, que cobrem o “ciclo de vida” das actividades de gestão de resíduos, fornecendo uma contabilidade útil para a gestão e *report*, mas outras categorias de custo poderiam ser incluídas, como os custos relacionados com a remediação e danos

³⁷ Mais recentemente denominados por “CAPEX” e “OPEX”, ou seja custos de capital e de operação (O&M).

³⁸ Os custos de exploração ou operacionais são custos de recursos regularmente recorrentes que são usados ao longo de um curto período de tempo (ou seja, menos de 1 ano) e rotineiramente necessários, a fim de apoiar as operações em curso (EPA, 1997). Os custos operacionais geralmente incluem (EPA, 1997): salários de pessoal e benefícios, construção e manutenção de veículos, energia e combustível, rendas e alugueres, serviços contratados, e os juros (incluindo juros de hipotecas).

ambientais ou os custos sociais, como o efeito no valor de propriedade, impacte na imagem da comunidade e qualidade de vida (EPA, 1997).

Considerando as definições acima, no modelo de cálculo de custos a adoptar no presente estudo, e seguindo as definições de Levy, Oliveira e Brito (2007) e EPA (1997), estabeleceu-se que seriam estimados os custos de investimento ou custos iniciais necessários para a aquisição de equipamentos (contentores e viaturas) e os custos de exploração ou operacionais, directamente associados à instalação e exploração dos sistemas de recolha, excluindo-se os custos indirectos, de gestão técnica e administrativa (e.g. pessoal técnico e administrativo, material de escritório, *software*) e custos das instalações de apoio (terrenos, edificações).

Importa referir que o levantamento de dados de custo por sistema de recolha se revela frequentemente difícil: poucas jurisdições empregam métodos de contabilização dos custos totais, existindo uma variação considerável na forma como os municípios relatam as despesas de reciclagem nos seus relatórios orçamentais (Folz, 1999). Acresce que os governos locais geralmente mantêm contas separadas para diferentes tipos de despesas e comunicam-nas nos relatórios financeiros como itens em linhas separadas, mas as despesas são agrupados de acordo com os tipos de itens ou serviços adquiridos e não em função da actividade desenvolvida (EPA, 1997). Concretizando, os custos são agrupados em despesas com salários, benefícios, serviços adquiridos (e.g. consultoria e assistência técnica, serviços de reparação e manutenção, rendas), fornecimentos (e.g. energia, alimentos), e propriedade (e.g. edificado, equipamentos e viaturas), mas não são discriminados por tipo de actividade - recolha selectiva, recolha indiferenciada, lavagem de contentores, lavagem de viaturas, limpeza pública, entre outros. Demonstrando com um exemplo, nos custos de manutenção de equipamentos, não se discriminam os que resultam da recolha de resíduos e da limpeza pública, aparecendo muitas vezes agregados num mesmo item do relatório financeiro. De facto, em Portugal, verifica-se que existem alguns casos em que os municípios reúnem vários tipos de serviços (e.g. limpeza de rua, de recolha selectiva, de abastecimento de água) no mesmo departamento (ou qualquer outro modelo de organização) (Simões, Cruz e Marques, 2012), sendo a ERSAR frequentemente confrontada por serviços das autarquias que gerem directamente estes serviços com questões sobre a necessidade de afectar os recursos criteriosamente a cada actividade e exigência na disponibilização de informação contabilística actualizada, organizada por actividades relevantes, de forma a permitir o correcto apuramento dos custos inerentes (ERSAR, 2012).

Quando não existe a discriminação de custos por tipo de serviço ou actividade, então dificilmente se espera que as entidades gestoras discriminem por sistema de recolha ou por circuito, que adicionaria um segundo nível de detalhe e que permitiria uma afectação de custos mais directa ao sistema A ou B.

Deve ainda ressaltar-se que o processo de compra é mais elaborado e mais demorado no sector público que no sector privado, por implicar a aprovação do orçamento e desembolso dos fundos no primeiro, seguido por um procedimento de concurso público demorado, constituindo um dos motivos que pode levar à utilização dos equipamentos para além do tempo de vida útil, em particular da frota. No sector privado, os equipamentos são adquiridos geralmente por fundos provenientes de bancos comerciais, sendo a sua aquisição mais célere. Concretizando com um exemplo, no estudo realizado no município Gaborone em 2013 (Bolaane e Isaac, 2015), verificou-se que a idade média das viaturas da frota municipal era de oito anos; em contraste, a idade média da frota do sector privado era de 4 anos. Este facto leva a que seja difícil para o sector público substituir veículos antigos, o que leva a um aumento dos custos de manutenção, como resultado das falhas mecânicas sofridas de forma persistente em frotas com mais idade, que minam a eficácia da operação recolha (Bolaane e Isaac, 2015). Existem também diferenças nos modelos de aquisição de equipamentos adoptados pelas entidades gestoras, que optam entre a compra dos equipamentos e o aluguer operacional, e que podem influenciar os custos de aquisição.

Os pressupostos e metodologia assumidos para o sistema de indicadores a desenvolver no âmbito do presente estudo, suportado nas metodologias de apuramento dos custos de investimento e exploração da operação de recolha de RU encontradas durante a pesquisa bibliográfica (EPA, 1997; Goulart, 2003; Lavita, 2008; Gomes, 2008; Carvalho, 2011), serão detalhados nos capítulos a seguir, dividindo os custos de investimento e os custos de exploração em dois capítulos.

III.3.4.2 CUSTOS DE INVESTIMENTO

Como investimento inicial consideram-se os custos da aquisição dos equipamentos que constituem os diferentes sistemas: viaturas de recolha e contentorização. Nas viaturas considera-se o conjunto chassis e estrutura de recolha (vulgo “caixa” ou “superestrutura”), ressalvando-se, no entanto, que algumas viaturas permitem a troca da estrutura mantendo o mesmo chassis (viaturas “multilift”), ou mesmo, a substituição de apenas uma das componentes no seu fim de vida, quando a outra se mantém ainda em boas condições operacionais. Apesar disto, no sistema de indicadores proposto, considerando que não existe regra sobre qual a componente com maior peso nos custos totais (variando conforme a tipologia e tonelagem da viatura)³⁹, que se tratam de situações pontuais e que a análise separada de custos destas duas componentes iria tornar a análise demasiado complexa, optou-se por considerar o conjunto chassis-estrutura como um equipamento único no apuramento de custos.

Considerando a diversidade de equipamentos, datas e modelos de aquisição (compra ou aluguer operacional) que podem estar presentes na(s) área(s) de estudo onde se pretende aplicar o sistema de indicadores, é fundamental traduzir os custos de capital numa anuidade. O modelo de cálculo dos custos de investimento (capital) compreende assim duas fases – a actualização de preços indicados pelas entidades gestoras para o ano base, que é definido, e a respectiva anualização.

Uma alternativa a este método seria calcular os custos de capital a partir dos preços de investimento actuais para contentores e viaturas, método que foi utilizado em Larsen *et al.* (2010). No entanto, considerando que as condições de aquisição dos equipamentos dependem das quantidades adquiridas e outras condições particulares oferecidas pelos fornecedores aos municípios (e.g. descontos quando são clientes “habituais” ou quando comprem contentores em quantidade - o que fará baixar o preço), nos dados de custo do sistema de indicadores a propor optou-se por usar os valores reais do custo de aquisição para as entidades gestoras no momento da sua aquisição, actualizando depois para um mesmo ano de referência, de forma a obter um valor mais fidedigno do custo efectivo para as entidades gestoras, em vez de um valor de mercado actual que não permitiria diferenciar as condições efectivamente existentes em cada sistema.

Sugere-se, no entanto, que depois da actualização de preços ao ano base, se procure validar a ordem de grandeza dos valores obtidos com os valores de mercado do ano base, de forma a evitar a adopção de valores irrealistas, que possam resultar de condições de fornecimento particulares ou excepcionais oferecidas pontualmente para um dado equipamento ou de erros associados à informação de base utilizada.

³⁹ Por exemplo, enquanto numa viatura compactadora de recolha traseira de 19 toneladas o chassis pode custar 75.000,00 € + IVA, e a estrutura apenas 55.000,00 € + IVA; numa viatura compactadora de recolha lateral, de 26 toneladas, o chassis custa 85.000,00 € + IVA, tendo a estrutura um custo muito superior, de 125.000,00 € + IVA.

a) *Actualização de preços*

Os valores de aquisição indicados pelas entidades gestoras, em diferentes datas, devem ser actualizados para um mesmo ano - ano base ou de referência, que pode ser, por exemplo, o ano durante o qual se está a fazer o levantamento de informação de campo ou o ano para o qual se pretende reportar na análise de *benchmarking*, de acordo com os objectivos definidos.

A passagem de preços correntes a preços constantes deve ser realizada utilizando as taxas de variação do Índice de Preços no Consumidor – IPC⁴⁰ (média anual), que no caso português está disponível para consulta no *site* do Instituto Nacional de Estatística⁴¹. Estas taxas permitem a actualização do valor de investimento entre o ano de aquisição do equipamento e o ano base.

b) *Amortização do equipamento*

No âmbito do modelo de custos proposto não se pretende analisar as diferenças no financiamento adoptado pelos municípios ou entidades gestoras, que poderiam afectar a comparação entre sistemas, no entanto, o conceito do “custo da oportunidade do investimento” está presente na taxa de juro utilizada no método de depreciação adoptado, que se descreve a seguir.

A depreciação é um método de alocação de custos de despesas de capital durante a vida útil do recurso (EPA, 1997). Um método simples depreciação “em linha reta” ou “método de depreciação de quotas constantes”, que considera que o valor de um bem ou serviço decresce a uma taxa constante, calcula custos de depreciação dividindo-se o desembolso de capital pela vida útil do recurso adquirido. Este método deprecia um activo como se o município ou empresa municipal realizasse depósitos anuais iguais, cujo valor, no final da vida útil do activo, é exactamente igual ao custo de substituição desse activo (Assis, 2011). Por exemplo, uma viatura de recolha com uma vida útil de 10 anos, teria um custo anual de depreciação de um décimo de seu custo de capital total. Este é o método indicado pela EPA (EPA, 1997).

No entanto, considerando que este método considera os custos de oportunidade de capital nulos adoptou-se o “Método da depreciação desacelerada”⁴², em detrimento do método das amortizações anuais constantes. Este é o método utilizado pela SPV para o cálculo do valor de contrapartida em

⁴⁰ Analisou-se a hipótese de utilizar o INCI - *Instituto da Construção e do Imobiliário* ou adaptar um índice combinado, ponderado em função da estrutura de custos, onde se inclui o pessoal, consumíveis (pelo IPC), entre outros, no entanto verificou-se que o mesmo era inadequado para a actualização de preços destes equipamentos, uma vez que se trata de um bem (são equipamentos), e não de serviços. Acresce que não foi possível fazer uma aproximação a nenhuma das obras listadas nos Despachos a que se refere o Decreto-Lei n.º 6/2004, de 6 de Janeiro de 2004, que estabelece o regime de revisão de preços das empreitadas de obras públicas e de obras particulares e de aquisição de bens e serviços.

⁴¹ O serviço de Atualização de Valores com Base no IPC publicado no *site* do INE (INE, 2015) permite a actualização de um valor entre dois momentos, com base nas taxas de variação do Índice de Preços no Consumidor, em euros. Os períodos para os quais podem atualizar-se valores dependem dos dados disponíveis para o âmbito seleccionado. Podem ser seleccionados dois tipos de actualização de valores:

- Entre meses (por exemplo: cálculo de uma actualização de valor entre maio de 2006 e junho de 2011);
- Entre anos (por exemplo: cálculo de uma actualização de valor entre 2006 e 2011).

⁴² O método de depreciação desacelerada usa-se quando o bem perde valor mais rapidamente no início que no fim do seu tempo de vida, o que geralmente é acompanhado por menores custos de manutenção no início e maiores no fim. Isto aplica-se claramente às viaturas de recolha; no caso dos contentores a depreciação é mais constante, assim como os custos de manutenção, apesar de em alguns modelos (nomeadamente os modelos subterrâneos com sistemas hidráulicos, também se verificar um aumento dos custos de manutenção no final do tempo de vida). Apesar disto, por motivos de simplificação do modelo de *benchmarking*, optou-se por utilizar o mesmo método para os dois tipos de equipamentos – contentores e viaturas.

2007 e noutros modelos de custo utilizados nos estudos consultados na revisão bibliográfica (Goulart, 2003; Lavita, 2008; Gomes, 2008; Carvalho J. M., 2011), onde o valor da prestação anual é calculado de acordo com a Equação III-1:

$$Vf = Vi \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times (1 - fr)$$

Onde:

Vf = valor da prestação anual (€)

Vi = valor investimento inicial (€),

i = taxa de juro (%),

n = nº de anos de vida útil

fr = valor percentual residual do equipamento no fim de vida útil (%)

Equação III-1: Fórmula para calcular o valor da prestação anual de acordo com o método da depreciação desacelerada

Existe bastante diversidade no valor da taxa de juro a aplicar na amortização para transacções desta natureza. Enquanto alguns autores usam 8% na aquisição de contentores e 8 a 15% nas viaturas (Goulart, 2003; Lavita, 2008; Gomes, 2008), em Larsen *et al.* (2010) os custos de capital para equipamento de recolha foram anualizados, assumindo uma vida de 10 anos e uma taxa alternativa de 6%, que foi a taxa recomendada pela Agência de Proteção Ambiental Dinamarquesa. Komilis (2008), usa um valor mais baixo, assumindo uma taxa anual de depreciação 3% para a aquisição de viaturas de recolha de RU.

Considerando a diversidade de valores existente na bibliografia, e o peso que o financiamento da UE tem nos projectos desta natureza, no modelo de custos proposto optou-se por usar o valor indicado no “Guia para análises custo-benefício dos projectos co-financiados pela UE”, onde a Comissão Europeia (CE) recomenda a utilização de uma taxa como o parâmetro de referência para o custo de oportunidade real do capital a longo prazo, que tem variado entre 4 e 5% (EU, 2008, EU, 2014).

Na determinação do tempo de vida útil, *n*, dever-se-á ter em conta não só o intervalo de tempo durante o qual o bem se encontra em boas condições de funcionamento (vida física), mas ainda a perda de valor resultante de obsolescência tecnológica (Assis, 2011).

Considerando o objectivo deste trabalho, devem-se evitar as amortizações contabilísticas, usando-se em vez disso valores de depreciação técnica do equipamento reais (isto é, se uma viatura dura 10 anos devo usar estes 10 anos e não os 5 anos habitualmente usados na contabilidade das empresas municipais/municípios estudados ou em estudos como em Delloite (2004) e Rhoma (2010). O número de anos a adoptar na fórmula da amortização anual (tempo de vida útil) deste modelo deveria ser assim o mais próximo possível da realidade, resultado da informação recolhida junto dos municípios e também especificamente inquirida junto de fornecedores de equipamento, com especial relevo nas viaturas, uma vez que a informação veiculada pelas entidades gestoras pode nem sempre ser consistente.

Os tempos de vida propostos para o modelo de apuramento de custos resultam assim não só das consultas a municípios e fornecedores, mas também da pesquisa bibliográfica.

Das consultas realizadas aos municípios, em particular aos municípios ou entidades gestoras da recolha de resíduos em Lisboa, Cascais e Sintra, resultaram valores diversos para os tempos de vida útil das viaturas. Concretizando, em Lisboa, os serviços do Departamento de Higiene Urbana da Câmara Municipal de Lisboa consideram 14 anos para o chassi e entre 8 a 10 anos para a superestrutura. Já em Cascais, a empresa municipal responsável pela gestão do serviço de recolha e limpeza pública, EMAC, assume 8 anos para o chassis e também para a estrutura de recolha. Outra empresa municipal responsável pela gestão do serviço de recolha e limpeza pública, a HPEM, de Sintra, utiliza os prazos normalmente definidos para amortização contabilística dos equipamentos, de 5 anos para as viaturas e de 7 anos para os contentores, justificando que o prazo de 5 anos para amortização das viaturas, tem-se mostrado adequado à sua utilização intensiva em dois turnos diários. De facto, um operador privado de recolha de RU e limpeza pública, a SUMA, indicou que ao fim de 4 anos, terá que ser feita uma reparação geral profunda da estrutura de recolha, com um custo muito considerável.

No que diz respeito aos fornecedores, em particular dois fornecedores nacionais de equipamentos ambientais – a Vecofabril⁴³ e a Resitul⁴⁴, que são representantes de diferentes marcas internacionais de viaturas de recolha, lavagem de contentores, entre outros equipamentos, destacando-se a Soma, Rosroca, Farid; entre outras, as indicações são também díspares. De facto, enquanto a Vecofabril indica 8 anos na amortização de viaturas compactadoras de recolha lateral e 6 anos para todas as restantes (de acordo com o exercício exemplificativo de amortização de uma viatura compactador que se apresenta no Anexo All.1.), a Resitul indica 8 a 10 anos para todas as viaturas compactadoras e 10 a 12 para as viaturas *multilift* com compactador móvel e grua e para as viaturas de caixa aberta.

Na revisão bibliográfica, e em particular para os equipamentos apresentados em (Lavita, 2008), o tempo de vida útil adoptado são 5 anos para qualquer tipo de viatura utilizada na recolha selectiva e de 8 anos para os contentores de superfície, imóveis, sem compactação, de recolha com grua com argola simples e para os contentores de superfície, com rodas, sem compactação, de recolha com elevador com apoios frontais e/ou laterais. Em Gomes (2008), os tempos de vida útil indicados são 6 anos para as viaturas de recolha de corpo fechado mono-compartimentado, com compactador intermitente e recolha traseira com elevador e 10 para os contentores de superfície, com rodas, sem compactação, de recolha com elevador com apoios frontais e/ou laterais. Goulart (2003), apresenta 5 anos para o tempo de vida das viaturas de corpo fechado mono-compartimentado, com compactador intermitente, e recolha com grua e argola dupla, 10 anos para os contentores de superfície, com rodas, sem compactação, de recolha com elevador com apoios frontais e/ou laterais e 15 anos para os contentores semi-subterrâneos, sem compactação, compactos, de recolha com grua com argola simples. Rhoma (2010) também indica 10 anos para os mesmos contentores de superfície e 5 anos para as viaturas com compactação. Ricci (2003) indica um tempo de depreciação de 7 anos para as viaturas de corpo fechado mono-compartimentado, com compactador intermitente, e recolha com elevador traseiro e para viaturas de corpo aberto, sem compactação, nem sistema de carga. No estudo da Delloite (2004) usam-se 8 anos para os “ecopontos” e 5 para todas as viaturas. No modelo de optimização do transporte apresentado por Komilis (2008) usa-se um período de 8 anos de amortização para as viaturas.

⁴³ Desde finais da década de sessenta que a Vecofabil (antiga Metolofabril) se dedica à fabricação e comercialização de equipamento ecológico, em particular viaturas de recolha de RU a diversos municípios nacionais. Representa ou tem parcerias com diferentes fabricantes europeus, descando-se a Farid Industrie, S.P.A (www.faridindustrie.it), a Ecofar S.R.L. (www.ecofar.it) e a Schmidt Ibérica (www.schmidt-automotive.es). Página web: www.vecofabril.pt.

⁴⁴ A Resitul - Equipamentos Serviços e Tecnologias Ambientais, Lda, comercializa entre outros produtos viaturas de recolha de RU, sendo o representante nacional da Rosroca (<http://www.rosroca.com/en/about-us/companies/resitul.html>), que desenvolve e comercializa equipamento ecológico em todo o Mundo.

Finalmente, a EPA indica como tempo de vida útil para viaturas de recolha de resíduos 5 e 7 anos (EPA, 1997).

Na realidade, quer os municípios quer os fornecedores consultados confirmam esta diversidade de práticas. O tempo de vida útil de um equipamento varia com o tipo de utilização - se o equipamento na sua construção foi ou não corretamente dimensionado (por exemplo, as viaturas de 2 eixos, com 19 toneladas de peso bruto, carroçadas com caixas acima de 12m³, como é o caso das viaturas de 15/16 m³, trabalham todos os dias com sobrecargas, às vezes 30% acima do seu limite legal e limite de construção mecânica), e da manutenção dada ao mesmo - são raros os utilizadores que seguem o protocolo indicado pelos fabricantes, por exemplo, é comum, um utilizador não mudar o óleo hidráulico, ou limpar os respectivos depósitos em cada ano de utilização, com consequências graves para os equipamentos e respectivas emissões. Por outro lado, em Portugal há quem ao fim de 10 anos faça uma revisão completa ao chassis e carroce com uma caixa nova, ou vice-versa, isto é, recupere uma caixa com 10 anos e a instale sobre um chassis novo, por como exemplo em Lisboa. Estas práticas são no entanto incorretas sob o ponto de vista de investimento, sob o ponto de vista ambiental e sob o ponto de vista técnico, uma vez que, considerando a rápida evolução tecnológica a que se tem assistido neste sector, qualquer equipamento está totalmente ultrapassado (ou até eventualmente obsoleto), no período de 10 anos.

Concluindo, considerando as referências indicadas e adoptando o mais possível a duração real física dos equipamentos (e não contabilística), **no modelo de apuramento de custos proposto assume-se 10 anos de tempo de vida útil para a amortização dos contentores de superfície e 15 para os contentores semi-subterrâneos e subterrâneos. Para as viaturas, pelos motivos indicados acima, optou-se por assumir 8 anos para todas as tipologias de viaturas, excepto para as viaturas de caixa aberta, onde se aplicam 10 anos de tempo de vida útil.**

Finalmente, em relação ao valor residual do equipamento no final do tempo de vida útil a adoptar no presente modelo, representado na fórmula com a sigla *fr*, a determinação do valor a adoptar baseou-se também na revisão bibliográfica bibliográfica (Goulart, 2003; Lavita, 2008; Gomes, 2008; Carvalho J. M., 2011; Rhoma, 2010) e informação prestada pelos municípios e entidades gestoras. Assim, **enquanto que para os contentores o valor residual a considerar no modelo de custos é nulo** - considera-se que no final do tempo de vida útil este bem não tem nenhum valor de mercado (o que corresponde à informação prestada pelo municípios, excepto no caso dos contentores metálicos, que podem ser vendidos quando o seu desmantelamento é compensatório), **no caso das viaturas, o valor residual a considerar no final do seu tempo de vida útil é de 15% do valor de aquisição.**

III.3.4.3 CUSTOS DE EXPLORAÇÃO

Tal como já foi referido, para permitir a comparação de sistemas e reduzir assim as diferenças que decorrem de situações externas aos sistemas (do contexto local em que se inserem), optou-se por incluir nos custos de exploração, apenas os directamente relacionados com a actividade. Assim são considerados os custos com remunerações e benefícios das equipas de recolha (excluindo técnicos e administrativos), os custos de manutenção de veículos e contentores (subcontratados ou não), e os custos de combustível. Os capítulos seguintes detalham estes custos, a adoptar no modelo proposto.

a) Custos de manutenção

Para obter os custos de manutenção a adoptar, consultaram-se os estudos económicos do serviço de recolha de RU publicados assim como os dados de custos apresentados pelos municípios (Lisboa, Cacaís e Sintra) e prestadores de serviços que operam no sector.

A fracção do custo de investimento gasto, anualmente, na manutenção e reparação de contentores, de acordo com Goulart (2003) é de 35%. Em Rhoma (2010) e Lavita (2008), os custos de manutenção indicados são de uma ordem de grandeza bastante menor: Rhoma (2010) indica 4,3% um tempo de vida de 10 anos para contentores de superfície de recolha traseira e Lavita (2008) indica 0,65 €/contentor.ano para contentores de superfície de recolha com grua para selectivas (de 2500 litros), referindo ainda outros custos de gestão e conservação, como os de seguros, de 19 €/contentor.ano, que representa no total cerca de 4,6% do custo de aquisição.

Em relação aos dados recolhidos nos municípios para os custos de manutenção de contentores, rapidamente se concluiu que não seriam suficientes para suportar uma comparação efectiva destes custos por tipo de contentor: os municípios não têm contabilidade analítica implementada, pelo que as fontes e tipo de informação são díspares e quando disponíveis nem sempre permitem a afectação dos custos à tipologia A ou B de contentor por não existirem centros de custo diferenciados para os diferentes tipos de contentores. Assim, os valores recolhidos foram utilizados essencialmente para validar os valores bibliográficos, tendo-se baseado este exercício no município onde foi possível recolher mais dados de custo de manutenção de contentores, que foi o município de Sintra, e que se apresenta no Anexo AII.2.

Deste exercício resultou um valor percentual de 4,3% do custo de aquisição dos contentores, que coincide com o valor bibliográfico indicado por Rhoma (2010). Também os valores indicados pelos prestadores de serviços, como a *Ecoambiente, S.A.* e *Ferrovial, S.A.* apontam para esta gama de valores, em particular nos custos de manutenção de contentores de superfície de recolha traseira de duas rodas, de acordo com o que se apresenta na *Tabela III-7*.

Tabela III-7: Custos de manutenção de contentores indicados pelas diferentes fontes de informação

Tipo Contentor	Custo/ano (€/ano)	Valor % do Custo Aquisição	Fonte
RT 240L	1,20 €	4,91%	Ecoambiente, S.A.
	0,90 €	3,68%	Ferrovial, S.A.
RT 360L	1,68 €	6,00%	Ecoambiente, S.A.
RT 800L	4,32 €	-	Ecoambiente, S.A.
RT 1000L	4,68 €	2,57%	Ecoambiente, S.A.
	3,45 €	1,89%	Ferrovial, S.A.
RT 800 e 1000L	4,22 € ⁴⁵	2,32%	HPEM, EEM (Sintra)
Diversos ⁴⁶	23,13 € ⁴⁷	4,2%	HPEM, EEM (Sintra)
RG, Superf., 2500L	4,85 €	1,14%	Ferrovial, S.A.
Molok 3000 e 5000L	62,25 € ⁴⁸	1,5%	Sopsa
Molok 3000 e 5000L	103,00 € ¹⁶	2,4%	Vitrus (Guimarães)
Molok 3.000 L	15,12 €	0,38%	Ecoambiente, S.A.
	115,00 €	2,87%	Ferrovial, S.A.
Molok 5.000 L	24,48 €	0,58%	Ecoambiente, S.A.
	130,00 €	3,07%	Ferrovial, S.A.

Da análise da tabela facilmente se verifica que, tal como esperado, os valores mais comuns e fáceis de obter são os custos de manutenção para os contentores de superfície de recolha traseira. No entanto, apesar de não estarem disponíveis valores de manutenção para contentores subterrâneos, foi possível validar esta ordem de grandeza para este tipo de contentores com base num contrato de manutenção e lavagem destes equipamentos por parte de um prestador de serviços em vigor em Sintra, que permitiu chegar a um valor de 5,4% do custo de manutenção, um ponto percentual acima do valor bibliográfico que se pode justificar por incluir também a operação de lavagem.

Concluindo, considerando os valores bibliográficos e os indicados pelos municípios, empresas municipais, fornecedores e prestadores de serviços, **adoptou-se os 4,3% do valor do custo de aquisição para os custos de manutenção de contentores a adoptar no modelo de apuramento de custos proposto.**

No caso das viaturas, Lavita (2008) baseia-se nos valores dos custos unitários anuais em manutenção assumidos no Modelo da *JD – Solutions*, para cálculo do valor de contra-partida para a SPV, em 2007, nomeadamente 5% do custo de aquisição. Em Goulart (2003), Gomes (2008) e Carvalho (2011) são assumidos os mesmos 5% do custo de aquisição. Rhoma (2010) indica um custo anual de manutenção

⁴⁵ Considerados apenas os custos directos.

⁴⁶ Inclui toda a tipologia de contentores existente no imobilizado de Sintra, nomeadamente os contentores de superfície de recolha traseira, de recolha lateral, e de recolha com grua e os contentores semi-subterrâneos e subterrâneos.

⁴⁷ Considerados os custos directos e indirectos.

⁴⁸ Moloks para deposição indiferenciada, com quiksystem. Durante o período de vida de um saco de elevação para indiferenciados, considerou-se a substituição de 1 corda amarela, 1 corda laranja, 1 sistema de roldanas e 1 sistema de olhal de suporte de cabo.

preventiva de 5000 €/ano (para viaturas com um custo de aquisição de 160 000 € e 200 000 €), que representa 2,5 a 3,1% dos custos de aquisição.

No que diz respeito aos fornecedores, a Vecofabril e Resitul apresentam valores que correspondem em média a cerca de 6% do custo de aquisição, apesar das diferenças pontuais dos valores indicados pelos dois fornecedores, de acordo com a Tabela III-8.

No que respeita aos valores obtidos para os custos de manutenção de viaturas após consultas aos municípios, a informação estava mais organizada que no caso dos contentores, existindo frequentemente informação dos custos por matrícula e portanto por tipologia de viatura. Os valores que se apresentam na Tabela III-9 correspondem a custos de manutenção reais de viaturas concretas, pelo que, ao contrário dos valores apresentados pelos fornecedores, que são valores médios para uma “utilização tipo” das viaturas, estes resultam do tipo de utilização, manutenção (preventiva e correctiva) e quilometragem das viaturas.

Analisando estes valores, facilmente se conclui sobre a diversidade de custos de manutenção apresentados para a mesma tipologia de viatura. Verifica-se também que os valores apresentados pelos municípios, empresas municipais e prestadores de serviços são superiores aos apresentados na Tabela III-8 e bastante superiores aos indicados na bibliografia, o que resultará, de acordo com a informação veiculada pelos fornecedores destes equipamentos, de falhas na manutenção preventiva, que podem muitas vezes evitar reparações posteriores mais onerosas e de uso excessivo de serviços exteriores.

Tabela III-8: Custos de manutenção por tipo de viatura indicados pelos fornecedores e percentagem deste custo no custo de aquisição

Tipologia de Viatura	Chassis, cabina	Caixas ou carroçamentos	Valores Totais mensais	Valores Totais Anuais	% custo aquisi.	Fonte
Caixa aberta com grua	180,00 €	80,00 €	260,00 €	3.120,00 €	4%	Resitul
Caixa aberta com grua	-	-	250,00 €	3.000,00 €	4%	Vecofabril
Compactador de recolha traseira sem grua	500,00 €	350,00 €	850,00 €	10.200,00 €	6%	Resitul
Compactador de recolha traseira sem grua	-	-	700,00 €	8.400,00 €	5%	Vecofabril
Compactador de recolha traseira com grua	500,00 €	400,00 €	900,00 €	10.800,00 €	6%	Resitul
Compactador de recolha traseira com grua, de 19 t	-	-	850,00 €	10.200,00 €	7%	Vecofabril
Compactador de recolha traseira com grua, de 26 t	-	-	400,00 €	4.800,00 €	3%	Vecofabril
Compactador de recolha lateral	500,00 €	700,00 €	1.200,00 €	14.400,00 €	7%	Resitul
Compactador de recolha lateral	-	-	1.200,00 €	14.400,00 €	7%	Vecofabril
Multilift com compactador móvel e grua	300,00 €	250,00 €	550,00 €	6.600,00 €	5%	Resitul
Multilift com compactador móvel e grua	-	-	400,00 €	4.800,00 €	4%	Vecofabril
Satélite com e sem compactação	180,00 €	120,00 €	300,00 €	3.600,00 €	5%	Resitul
Satélite com e sem compactação	-	-	350,00 €	4.200,00 €	6%	Vecofabril
Compactador de recolha Bilateral	500,00 €	350,00 €	850,00 €	10.200,00 €	4%	Resitul
Lava-contentores, de recolha traseira	-	-	850,00 €	10.200,00 €	6%	Vecofabril
Lava-contentores, de recolha lateral	-	-	1.500,00 €	18.000,00 €	10%	Vecofabril

Tabela III-9: Custos de manutenção por tipo de viatura apresentados pelas entidades gestoras e percentagem deste custo no custo de aquisição

Tipologia de Viatura	Valores Totais mensais	Valores Totais Anuais	Valores Totais Anuais (% custo equip.)	Fonte
Caixa aberta com grua	865,47 €	10.385,59 €	9%	EMAC (Cascais)
Caixa aberta com grua	1.000,00 €	12.000,00 €	15%	Ferrovial (Maia)
Caixa aberta com grua	1.014,41 €	12.172,94 €	16%	Vitrus (Guimarães)
Caixa aberta com grua	2.319,42 €	27.833,01 €	36%	Vitrus (Guimarães)
Caixa aberta com grua	2.242,31 €	26.907,69 €	34%	Vitrus (Guimarães)
Compactador de recolha traseira com grua	880,22 €	10.562,59 €	7%	EMAC (Cascais)
Compactador de recolha traseira com grua	1.390,99 €	16.691,91 €	12%	EMAC (Cascais)
Compactador de recolha traseira com grua	851,47 €	10.217,58 €	7%	EMAC (Cascais)
Compactador de recolha traseira com grua	1.125,00 €	13.500,00 €	8%	Ferrovial (Maia)
Compactador de recolha traseira sem grua	1.588,37 €	19.060 €	11%	smsbvc (Viana do Castelo)
Compactador de recolha traseira sem grua	1.744,40 €	20.932,78 €	12%	smsbvc (Viana do Castelo)
Compactador de recolha traseira sem grua	1.083,33 €	13.000,00 €	8%	Ferrovial (Maia)
Compactador de recolha lateral	2.952,37 €	35.428,40 €	17%	HPEM (Sintra)
Compactador de recolha lateral	2.653,66 €	31.843,91 €	12%	HPEM (Sintra)
Multilift com compactador móvel e grua	1.000,00 €	12.000,00 €	9%	HPEM (Sintra)
Multilift com compactador móvel e grua	1.250,00 €	15.000,00 €	11%	Ferrovial (Maia)
Lava-contentores, de recolha lateral	1.942,00 €	23.303,95 €	14%	HPEM (Sintra)

Conclui-se assim que os valores indicados pelos fornecedores (Tabela III-8), ao contrário dos indicados pelos municípios e prestadores de serviços (Tabela III-9), são próximos do valor bibliográfico apurado.

Ressalva-se ainda que, tratando-se de viaturas, o mais comum é fazer-se o apuramento de custos de manutenção por quilómetro percorrido, dividido em custo de manutenção com materiais e custos de mão-de-obra (Santos *et al.*, 1994), acrescentando-se também usualmente a parcela de serviços, para manutenções ou reparações realizadas no exterior, nas oficinas das marcas. No entanto, considerando o objectivo do sistema de indicadores, pretende-se obter um valor que seja, dentro do possível, independente dos quilómetros realizados e tipo de manutenção realizada pelos utilizadores e também que facilmente possa ser usado sem ser necessário um levantamento exaustivo dos custos. Por este motivo, para o modelo de custos proposto, melhor que usar valores em absoluto (que dependem dos quilómetros percorridos, programas de manutenção ou que são específicos do fornecedores A ou B e que se desactualizam), **devem ser apurados os custos de manutenção anuais para uma “utilização tipo” junto dos fornecedores para cada tipologia de viatura da área de estudo, podendo a Tabela III-8 ser usada como referência. Na ausência destes valores, para maior simplificação, podem ser aplicados os valores percentuais sobre o custo de aquisição das viaturas que se apresentam na Tabela III-10, que resultam da Tabela III-8.**

Tabela III-10: Valores percentuais a aplicar sobre os custos de aquisição para obter os custos de manutenção anuais das diferentes tipologias de viaturas de recolha (fontes: Resitul e Vecofabril)

Tipologia de Viatura	Valores Totais Anuais, (% custo aquisição)
Caixa aberta com grua	4%
Compactador de recolha traseira sem grua	6%
Compactador de recolha traseira com grua	6%
Compactador de recolha traseira com grua	7%
Compactador de recolha lateral	7%
Multilift com compactador móvel e grua	5%
Satélite com e sem compactação	5%
Compactador de recolha bilateral	4%
Lava-contentores, de recolha traseira	6%
Lava-contentores, de recolha lateral	10%

b) Custos com combustíveis

Existem vários métodos em uso para estimar o consumo energético e respectivos custos das diferentes práticas de recolha de resíduos. O método mais vulgarmente utilizado é assumir que o combustível consumido, bem como o tempo necessário é uma função da distância percorrida. Estes dois factores são suficientes para calcular tanto o impacte ambiental, como o custo. As medidas “litros consumidos por km” e “n.º de paragens por km” são uma combinação do resultado de uma condução real, para parar e acelerar, e das paragens relacionadas com o tráfego assim como da operação de recolha e compactação dos resíduos: se a proporção entre estas fases na volta/circuito de recolha é alterada (se, por exemplo, o número de paragens por volta/circuito é dramaticamente diminuído e a distância percorrida é a mesma) este método vai sobrestimar o consumo de combustível e tempo (Sonesson, 2000).

Considerando que o consumo de gasóleo é um dado que é geralmente registado pelas entidades gestoras por viatura (matrícula), fruto do sistema de gestão dos abastecimentos (nas situações em que existe posto de abastecimento próprio) ou do controlo de custos dos abastecimentos realizados nos postos públicos, realizados automaticamente pelos postos e fornecidos às entidades gestoras no momento da facturação, e que podem obrigar ao registo dos quilómetros, esta é uma informação fácil de obter e onde o erro é baixo, por serem registos automatizados e geridos em bases de dados.

As médias de consumo aos 100 km por viatura são dados facilmente fornecidos pelas entidades gestoras (e.g. registos de consumos reais das viaturas utilizadas, por dia/circuito, por ano/circuito), mas os resultados das médias obtidas por tipo de viatura obtidos desta forma terão que ser interpretados à luz da dimensão da amostra de circuitos analisada, dependentes naturalmente do número de paragens realizadas, percurso e número de voltas dos circuitos monitorizados, tal como defendido por Sonesson *et al.*, 2000.

A metodologia a aplicar no apuramento do custo médio anual de combustível por sistema de recolha é a seguinte:

- 1) Cálculo do consumo de combustível (gasóleo, biodiesel, GNC, etc.) aos 100 quilómetros (L ou $\text{m}^3/100 \text{ km}$) por matrícula: quociente entre o somatório total de quilómetros percorridos no ano de referência, por cada viatura (matrícula) e o somatório de litros de combustível consumido pela mesma viatura nesse ano;
- 2) Cálculo do consumo médio aos 100 quilómetros (L ou $\text{m}^3/100 \text{ km}$) por tipo de viatura: média dos valores obtidos em 1) para cada tipo de viatura;
- 3) Cálculo do consumo de combustível (L ou m^3) por circuito: produto dos valores médios da distância total percorrida em cada circuito e do consumo médio aos 100km do tipo de viatura utilizada (ponto 2);
- 4) Cálculo do custo de combustível por circuito: produto do consumo por circuito (ponto 3) pelo valor do PVP do combustível no ano de referência;
- 5) Cálculo do custo de combustível por circuito por ano, assumindo uma utilização teórica dos meios – frequência de serviço com dois circuitos/dia, seis vezes por semana, 52 semanas por ano (mesmo pressuposto para todos os sistemas, de forma a que os custos sejam comparáveis).
- 6) Cálculo da média do consumo de combustível anual por sistema: média do custo de combustível obtido em 5) de todos os circuitos da área de estudo do mesmo sistema.

Naturalmente que os valores obtidos com esta metodologia não são independentes das características da área de estudo, nomeadamente das vias de acesso, tráfego, número de paragens, localização do parque de viaturas, pontos de abastecimento e estações de transferência e/ou tratamento, no entanto, esta é uma variável operacional que, tal como consta das definições apresentadas no capítulo III.3.2, depende de forma decisiva da área de estudo e planeamento do serviço. Uma forma de minimizar esta influência é aumentar a amostra, isto é, usar vários circuitos que sirvam zonas com diferentes características urbanas, mas existirá sempre uma dependência entre os valores obtidos e a área de estudo.

c) *Custos com recursos humanos*

A dimensão da equipa de recolha pode ter um grande efeito sobre os custos totais de recolha e depende dos custos de mão-de-obra e equipamentos, dos métodos de recolha, das características dos circuitos e dos contratos sindicais (EPA, 1999).

Assim, os custos anuais médios de recursos humanos devem ser discriminados para as duas categorias - cantoneiro de limpeza e motorista de pesados (valor médio de remuneração dentro de cada categoria, considerando que existem diferentes níveis de remuneração dentro da mesma categoria, em função do tempo de serviço, entre outros factores), de forma a ser possível construir o custo médio por equipa em função da sua constituição.

No valor do custo de mão-de-obra devem ser incluídos todos os custos suportados pelas entidades gestoras, de forma obter um valor o mais próximo possível da realidade. Em Santos *et al.* (1994) as componentes de custo consideradas foram: salário base, horas extraordinárias, subsídio de salubridade, serviço nocturno, outros e encargos sociais. O fardamento foi considerado numa parcela distinta. Nos municípios consultados – Sintra, Cascais e Lisboa, as parcelas de custo associadas aos recursos humanos incluem o fardamento, ou quando não é incluído, é um custo que surge associado ao número de funcionários por categoria, com um determinado número de anos. Os custos com seguros de saúde, medicina do trabalho, acidentes de trabalho e seguro de vida são por vezes contabilizados numa parcela distinta, correspondendo a cerca de 4% do ordenado base, mas devem

ser somados para obter o custo total. As entidades gestoras têm, também, uma contabilidade do número de horas trabalhadas e assim do custo médio por hora por categoria. **Para o modelo de custos proposto, devem ser somadas, por categoria – cantoneiro e motorista, as seguintes parcelas de custo anuais (valores médios):**

- **Vencimento base;**
- **Horas extraordinárias;**
- **Subsídio nocturno, ou “de turno”;**
- **Subsídio de insalubridade e penosidade ou “de risco”;**
- **Subsídio de férias;**
- **Subsídio de Natal;**
- **Subsídio de alimentação ou “de refeição”;**
- **Encargos sociais** (caixa geral de aposentações, taxa social única);
- **Seguro de saúde** (se aplicável);
- **Fardamento.**

Do somatório destas parcelas resulta o custo total anual médio por categoria, utilizado para obter o custo anual por equipa para os diferentes tipos de equipa de recolha utilizados em cada um dos sistemas de recolha a analisar: equipa de 3 elementos (dois motoristas e um cantoneiro), de 2 elementos (um motorista e um cantoneiro) e de 1 elemento (motorista).

d) Outros custos – materiais e consumíveis

De acordo com o definido no enquadramento do capítulo dedicado às variáveis financeiras, as três parcelas de custo com peso no custo total do serviço de recolha e devem ser consideradas para apurar os custos totais por sistema são os custos de investimento em equipamentos, os custos com combustíveis e os custos com recursos humanos. Há, no entanto, um custo adicional, decorrente do consumo de água e detergentes, que não existe no serviço de recolha, mas que é considerável no serviço de lavagem de contentores e de viaturas e que, portanto, tem que ser somado aos custos totais do modelo de apuramento de custos, em cumprimento com o pressuposto metodológico VIII.

Apesar de ser um custo com peso nos custos totais das entidades gestoras dos serviços de recolha de RU, não foi possível encontrar dados bibliográficos que pudessem suportar a adopção de valores médios por tipo de contentor ou viaturas, provavelmente por ser um serviço considerado como “serviço de apoio” ao serviço principal, de recolha.

A metodologia seguida para o cálculo dos custos dos consumíveis destes dois serviços - lavagem de contentores e lavagem de viaturas, é semelhante, obrigando o primeiro serviço à monitorização dos circuitos de lavagem enquanto o segundo obriga à monitorização do serviço nas instalações de lavagem de viaturas. A metodologia a aplicar no modelo pode ser sistematizada da seguinte forma:

- 1º Cronometrar os tempos em que há consumo de água e registar o caudal de água limpa dos equipamentos utilizados - da viatura lava-contentores e dos portais de lavagem de viaturas no caso da lavagem automática ou das mangueiras e/ou pistolas de alta pressão no caso da lavagem manual;
- 2º Registar o custo de abastecimento e saneamento de água (factura da água) ou dos consumos eléctricos (no caso de se tratar de um furo);
- 3º Registar o consumo dos produtos químicos utilizados - detergente e/ou desengordurante, que pode ser por metro cúbico de água limpa consumida ou em função do número de contentores ou viaturas lavadas;
- 4º Registar o custo por litro dos produtos químicos utilizados;

- 5º Registrar o consumo de combustível dos compressores para as máquinas de alta pressão utilizadas na lavagem manual, por hora de trabalho ou, se possível, por número de contentores lavados;
- 6º Registrar o custo do combustível por litro.

Ressalva-se que apesar de ambos os sistemas – manual e automático, envolverem consumos de combustível, os consumos destas viaturas são levantados de acordo com a metodologia apresentada no capítulo b).

III.3.5 DEFINIÇÃO DE INDICADORES

Definidas as variáveis do sistema de indicadores e respectiva metodologia de cálculo, foi possível definir os indicadores de *benchmarking*. Apesar do sistema a definir se reduzir às variáveis – operacionais e financeiras consideradas como chave para os objectivos propostos, com tal número de variáveis, a complexidade é alta, e precisava de ser reduzida, permitindo encontrar causas e efeitos e uma base para comparação dos sistemas de recolha, possível através da definição de indicadores de desempenho – de equipamento e de serviço.

A definição dos indicadores teve presente a estrutura que um sistema de avaliação de desempenho deve seguir, já resumido no capítulo II.6.1 e da definição de indicador e critérios de a que os mesmos devem obedecer, detalhados no capítulo II.6.2. A primeira abordagem resultou das variáveis-chave identificadas, que se podem dividir, de acordo com o que já foi referido, nas que dependiam exclusivamente do sistema de recolha e as que dependiam do contexto em que o sistema está inserido, que conduziu à classificação dos Indicadores a definir em dois grupos, de acordo com White, Frank e Hindle (1995) e à semelhança das variáveis que os alimentam, nomeadamente:

- I. **Indicadores de Equipamento**, relativos exclusivamente a variáveis que resultassem das características físicas dos equipamentos (contentores ou viaturas), que possam suportar o processo de tomada de decisão. Estes indicadores permitem caracterizar as variáveis determinantes em termos de concepção e dimensionamento do equipamento que constitui os diferentes sistemas de recolha, permitindo assim basear o desenvolvimento de estudos prévios e projectos de recolha de RU. São indicadores universais, isto é, os resultados podem ser aplicados em qualquer parte do Mundo.
- II. **Indicadores de Serviço**, relativos a variáveis dos sistemas que dependem de condições externas à tecnologia de equipamentos, quando em serviço em determinada zona, como a composição do fluxo de resíduos (depende dos hábitos de consumo e deposição da população) e as condições operacionais locais do serviço de recolha oferecido. Estes indicadores, que resultam de variáveis relativas ao conjunto “Contentorização + Viatura + Circuito”, permitem aferir os resultados à tonelada recolhida ou quantidade de pontos ou contentores recolhidos, mas dependem da realidade geográfica, demográfica e socio-económica da área de estudo, da concepção do sistema e do planeamento dos circuitos. São indicadores locais, isto é, os resultados traduzem a realidade local do serviço.

Estes dois grandes grupos de indicadores foram depois sub-divididos em indicadores operacionais, alimentados pelas variáveis técnicas dos equipamentos e operação de recolha, e financeiros, relativos aos dados de custo de investimento e de exploração.

Os indicadores de serviço, tal como indicado, são indicadores aferidos ao factor de produção do circuito, isto é, à quantidade de resíduos recolhida, ao número de pontos ou ao número de contentores recolhidos, isto é, são indicadores que resultam de um quociente onde a quantidade recolhida é um denominador comum, sendo a quantidade recolhida o factor de produção mais vulgarmente adoptado

de acordo com a revisão bibliográfica. De facto, a maioria dos indicadores de desempenho relativos à avaliação da execução do serviço encontrados na bibliografia têm por base as quantidades recolhidas, que podem ser referidas em termos de tempo (turno, dia ou ano) e/ou distâncias percorridas.

A abordagem de avaliação de desempenho adoptada no estudo foi assim normalizada pelo peso do material recolhido em cada circuito de recolha identificado pelo sistema de recolha utilizado e pelo número de contentores recolhidos (e assim o volume recolhido), permitindo uma avaliação de desempenho individual. Os resultados de desempenho podem ser assim agrupados por tipo de contentor, viatura, sistema contentor-viatura, e fluxo de resíduos.

Concretizando, a metodologia adoptada na definição dos indicadores do modelo de *benchmarking* a propor baseou-se no cruzamento das variáveis relativas à fase de recolha efectiva com a quantidade recolhida no circuito (em peso ou volume) ou com o número de pontos e de contentores recolhidos. Com esta metodologia pretendeu-se chegar a Indicadores úteis para estabelecer comparações entre sistemas de recolha, sempre que os resultados sejam suficientemente robustos. Pretendeu-se, em segunda linha, e de acordo com os objectivos definidos, estabelecer indicadores de referência para o dimensionamento e concepção de sistemas de recolha, específicos de cada tipo de sistema resultante da aplicação da classificação taxonómica.

De referir que a versão final do grupo de indicadores a utilizar no modelo de apoio à decisão é também fruto da fase de tratamento de dados, que permitiram validar alguns pressupostos assumidos na versão inicial assim como testar a sua utilidade no cumprimento dos objectivos definidos e também a facilidade na obtenção dos dados de *input* necessários ao cálculo de cada um.

Os indicadores definidos para o sistema de indicadores de desempenho e *benchmarking* a propor constituem um resultado que é apresentado no Capítulo IV.1.3.2.

III.4 MODELO DE CLASSIFICAÇÃO E *BENCHMARKING* DE SISTEMAS DE RECOLHA DE RU

Previsões precisas sobre a gestão mais correcta dos resíduos devem basear-se num bom sistema de gestão de informação, nomeadamente em relação à capacidade de recolha de resíduos, aos preços de materiais recicláveis, à geração e composição dos resíduos, ao custo de transporte e de construção e aos custos operacionais para as instalações de processamento de resíduos (Chang e Wang, 1996).

A complexidade dos equipamentos e dispositivos aumenta a dificuldade na tomada de decisão sobre que sistema de recolha de RU deve ser implementado para ser economicamente viável, socialmente aceite e, ao mesmo tempo, cumprir com todos os desafios legais e ambientais. Em particular, a avaliação de desempenho operacional e financeiro dos sistemas de recolha é um processo complexo que envolve, numa primeira fase a identificação e classificação das suas componentes e numa segunda fase a recolha sistemática de informação de base (dados originais) para cada sistema identificado, a obtenção de variáveis de cálculo (dados analisados) e cálculo de indicadores e índices. De facto, a estratificação da informação a recolher um função dos objectivos da análise que se pretende iniciar

pode ser utilizada como suporte à aplicação de um modelo de apoio à decisão, baseado nas propostas da classificação taxonómica e do sistema de indicadores de desempenho e *benchmarking*⁴⁹.

Tal como já foi referido no capítulo II.6.1, um SAD deve ter como objectivo a flexibilidade e capacidade de fornecer respostas rápidas. Estes sistemas são fundamentais para fornecer uma interface de fácil utilização, estabelecer análises estatísticas e de optimização, e comunicar com os decisores ou técnicos, que podem não ser capazes de memorizar toda a mensagem, integrar todos os elementos necessários ou programar um *software* complicado (Chang e Wang, 1996).

Os sistemas de apoio à decisão são constituídos por *inputs*, ou “variáveis de entrada”, que atribuem dados, número ou características ao modelo, que são analisadas, e por *outputs*, ou saídas, que são utilizadas pelo utilizador do sistema para poder analisar as decisões que tem que tomar. Quando a tomada de decisão é realizada por um sistema deste tipo, o utilizador deve tomar a decisão a partir de uma classificação ordenada dos resultados com um critério próprio definido.

O modelo de *benchmarking* a desenvolver no âmbito do presente estudo deverá funcionar como um modelo de apoio à decisão simples, onde as entradas são as características taxonómicas dos sistemas (contentores e viaturas) e as variáveis chave definidas e as saídas são a classificação taxonómica do sistema e correspondentes resultados dos indicadores.

A metodologia a aplicar na criação do modelo de classificação e *benchmarking* de apoio à decisão, parte da definição do problema ou objectivo da análise pretendida pelo seu utilizador (Fase I), depois passa pela Classificação dos Sistemas de Recolha (Fase II) e finalmente pelo Cálculo de Indicadores (Fase III), de acordo com o diagrama que se apresenta na Figura III-8.

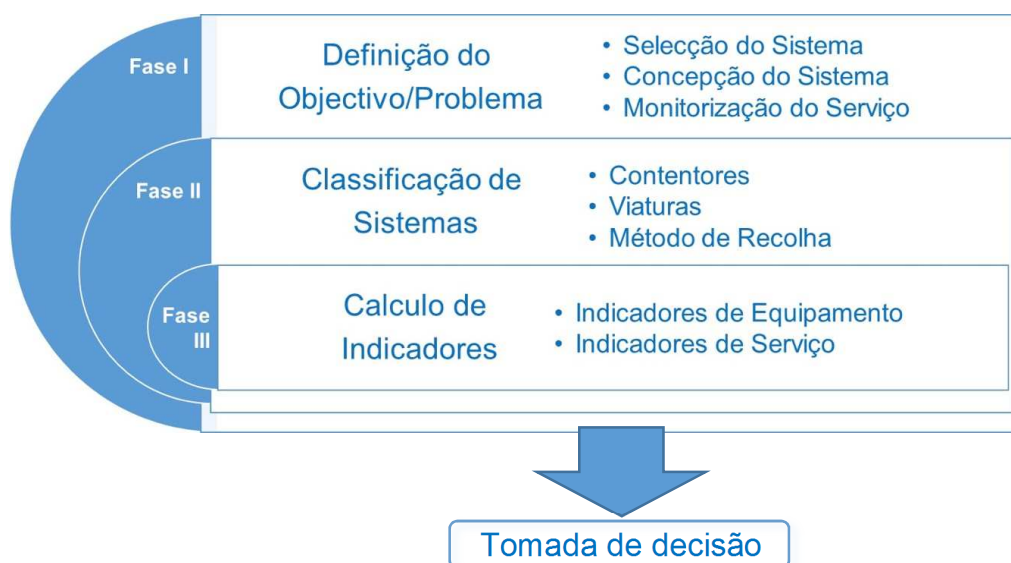


Figura III-8: Metodologia definida para a concepção do modelo de classificação e benchmarking de sistemas de recolha de resíduos.

⁴⁹ Segundo a *International Benchmarking Clearinghouse* (IBC), o benchmarking é um processo sistemático e contínuo de medida e comparação das práticas de uma organização, para obter informações que a possam ajudar a melhorar o seu nível de desempenho.

No final deste processo o utilizador terá os resultados dos indicadores adequados ao problema definido, que lhe permitirão suportar a tomada de decisão.

Para mais fácil aplicação da Fase III e visualização do sistema de indicadores, deverá ser desenhado um fluxograma que constituísse um suporte gráfico para a selecção e cálculo de indicadores.

A concepção deste fluxograma seguiu a lógica da pirâmide apresentada na Figura II-28: inicia-se com a informação da base da pirâmide, isto é, pelos dados base, que originam os indicadores que têm significado isoladamente mas que podem ser interdependentes e analisados de forma combinada para avaliar ou fazer realçar determinadas condições dos sistemas em análise.

Assim, o primeiro passo para desenhar o fluxograma foi listar os dados base ou “variáveis-chave”, que foram classificados de acordo com o grau de dificuldade da sua obtenção e representadas no diagrama com caixas de cores diferentes para distinguir as variáveis de equipamento e as de serviço. O diagrama de fluxos resulta das variáveis ou *inputs* necessários para o cálculo de cada indicador, que por sua vez foram também classificados em diferentes níveis, de acordo com a sua hierarquia.

A Fase I pode sistematizar-se em três tipos principais de problemas que o modelo pode responder – i) a selecção do sistema de recolha que melhor responde aos objectivos definidos, ii) a concepção e planeamento de um sistema de recolha e finalmente iii) a monitorização do desempenho de um dado sistema de recolha, na sua globalidade ou apenas focado no desempenho financeiro ou operacional. Na Fase II devem ser aplicados os Diagramas Taxonómicos ou Chaves de Classificação de contentores e viaturas e finalmente do sistema, e na Fase III deve ser aplicado o Fluxograma do sistema de indicadores, de acordo com as variáveis e nível hierárquico de indicadores pretendido ou necessário para responder ao problema definido na Fase I. De facto, a definição do problema deve englobar o conhecimento dos dados disponíveis ou do esforço que se pretende aplicar para o levantamento dos dados em falta.

Concretizando o diagrama da Figura III-8 com um exemplo, se o objectivo for seleccionar um sistema de recolha para uma dada área, onde o objectivo é aumentar a capacidade instalada com a menor ocupação possível do espaço público, independentemente do seu custo, mas onde se sabe que, à partida, que não existe espaço no subsolo disponível para a instalação de contentorização subterrânea, na fase II aplica-se o diagrama de classificação taxonómica de contentores, para obter a lista de sistemas de recolha a avaliar, que seriam todos excepto os subterrâneos. Na Fase III aplica-se o fluxograma para os indicadores que respondem aos objectivos definidos, que neste caso serão indicadores operacionais de equipamento. A ordenação dos sistemas é feita com base nos resultados dos indicadores seleccionados, que constitui assim um sistema de apoio à decisão. Se, para além dos objectivos definidos, fosse também necessário definir um valor máximo de investimento, ou se, em caso de “empate” a selecção recairia para o sistema mais barato, seriam então utilizados os indicadores financeiros, que iriam complementar esta análise.

A Proposta do modelo de *benchmarking* de sistemas de recolha, que inclui o fluxograma do sistema de indicadores apresenta-se no capítulo IV.3.

III.5 CASO DE ESTUDO

III.5.1 APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA E DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para testar e validar a classificação taxonómica desenvolvida, que de acordo com o primeiro objetivo deste trabalho devia caracterizar e classificar as principais tecnologias e equipamentos de recolha disponíveis na actualidade, foi importante definir uma área de estudo suficientemente alargada para englobar pelo menos um sistema representativo dos últimos “ramos” ou sub-classes da chave de classificação taxonómica desenvolvida na primeira fase (de revisão bibliográfica e consultas das fichas técnicas, descrita no capítulo III.2.3). Teve-se ainda o cuidado de não seleccionar equipamentos que, apesar de serem representativos de uma sub-classe taxonómica, constituíssem modelos obsoletos e/ou demasiado específicos (com uma geometria, materiais e/ou capacidades particulares), tal como se refere no capítulo III.2.4. Assim, optou-se por abandonar os sistemas que, mesmo muito divulgados a nível nacional, já estivessem obsoletos.

Considerando também que os sistemas de reciclagem na Europa priorizam a recolha de materiais de “alta qualidade” de embalagens de consumo, por causa das metas estabelecidas na Directiva Embalagens, o que levou a que existam diferenças importantes nos equipamentos de recolha na Europa em comparação com os EUA (Cascadia, 2012), o âmbito do caso de estudo onde o modelo de classificação e de avaliação de desempenho seria testado estaria à partida circunscrito à tecnologia dos sistemas Europeus, na sua maioria representados em Portugal, apesar do âmbito da classificação taxonómica ser, naturalmente, universal.

De facto, a revisão da literatura permitiu concluir que os sistemas de recolha de RU em Portugal não são muito diferentes dos existentes outros países europeus. O relatório do ISWA e WGCTT (2004) indica que os contentores são vulgarmente utilizados em toda a Europa, e que várias cidades e regiões também usam sacos de plástico ou papel como complemento ou especificamente para alguns tipos de resíduos. De facto, Cascadia (2012) acrescenta que a recolha selectiva em famílias multifamiliares na Europa é muitas vezes feita através do sistema de recolha porta-a-porta, excepto na recolha de vidro. Quando se trata da recolha porta-a-porta, os tipos de veículos de recolha mais comumente usados na Europa são os de carga traseira e, em certa medida, também os de carga lateral (ISWA e WGCTT, 2004). As viaturas de caixa aberta são o veículo de escolha para o transporte de vidro, metal e outros resíduos, porque este tipo de resíduos não deve ser compactado (ISWA, 2004). Os equipamentos subterrâneos estão cada vez mais complexos e espera-se que o uso de diferentes sistemas de recolha subterrâneos será incrementado progressivamente nas cidades modernas (Kaliampakos *et al.*, 2013).

No universo dos sistemas implementados a nível nacional, e depois de alguma pesquisa, foi possível identificar em três municípios do Distrito de Lisboa com a diversidade de equipamentos pretendida, quer para os contentores, quer para as viaturas: o município de Lisboa, de Sintra e de Cascais, onde o serviço de recolha é da responsabilidade da Câmara Municipal de Lisboa, HPEM – Higiene Pública, E.E.M. e EMAC – Empresa Municipal de Ambiente de Cascais, E.E., S.A., respetivamente. A escolha destes municípios justifica-se pela heterogeneidade da estrutura urbana dos mesmos, que resulta numa enorme diversidade de contentores e viaturas, coincidente com a maioria das classes descritas na proposta de taxonomia.

Esta selecção foi possível graças à experiência profissional da autora, e a um exaustivo levantamento de informação sobre as características técnicas e de operação dos equipamentos durante a revisão

bibliográfica, que constituiu o ponto de partida para o desenvolvimento da classificação taxonómica, como já foi descrito.

No município de Sintra, o segundo mais povoado de Portugal, podem ser encontrados muitos sistemas de recolha diferentes, consequência da heterogeneidade de zonas em termos de densidade populacional que o caracteriza, desde zonas densamente povoadas, a zonas com características mais rurais, que obrigou a diferentes respostas do serviço nos sistemas a instalar, e que evoluíram ao longo do tempo. Constitui assim a área de estudo ideal, onde podem ser estudados diferentes sistemas, desde contentores de superfície móveis compatíveis com a recolha com elevadores até contentores imóveis de superfície e semi-subterrâneos compatíveis com recolha com grua e contentores subterrâneos de diferentes tipos – compactos, de plataforma, recolhidos por diferentes viaturas compactadoras com elevador e/ou grua e de caixa aberta podiam ser estudados. É também o único município em Portugal com o sistema subterrâneo de recolha lateral, e um dos poucos com este sistema de superfície instalado (município pioneiro a nível nacional na utilização de sistemas de recolha lateral, uma solução bastante vulgarizada em Espanha e Itália).

O município de Lisboa, a capital do país e também bastante povoado, apesar de mais homogéneo que Sintra em termos da densidade populacional, tem também muitos dos sistemas encontrados em Sintra, mas tem uma área geográfica bastante considerável servida com sistemas porta-a-porta, onde os sistemas com contentores de duas rodas e os sacos podiam ser estudados, recolhidos com diferentes viaturas compactadoras ou sem compactação, incluindo viaturas satélite nos bairros históricos. Tem também em funcionamento o sistema de recolha traseira para a recolha selectiva, que em Sintra se encontrava apenas para a recolha indiferenciada.

Finalmente, o município de Cascais foi também incluído uma vez que neste município funciona um sistema subterrâneo de plataforma que não existia em Sintra ou Lisboa. Tinha também os restantes sistemas já identificados nestes dois municípios, que permitiria uma validação dos aspectos críticos identificados nestes sistemas para equipamentos – contentores e viaturas com a mesma classificação taxonómica mas de diferentes fornecedores (“modelos” diferentes). Outra vantagem em adicionar mais uma entidade gestora, foi aumentar o número de técnicos com know-how e experiência nos sistemas a estudar.

Estes três municípios, onde todos os “equipamentos tipo” representativos de cada ramo taxonómico disponíveis no mercado nacional estavam instalados e a funcionar há pelo menos um ano, definiram assim a área de estudo (Figura III-9 e Tabela III-12).

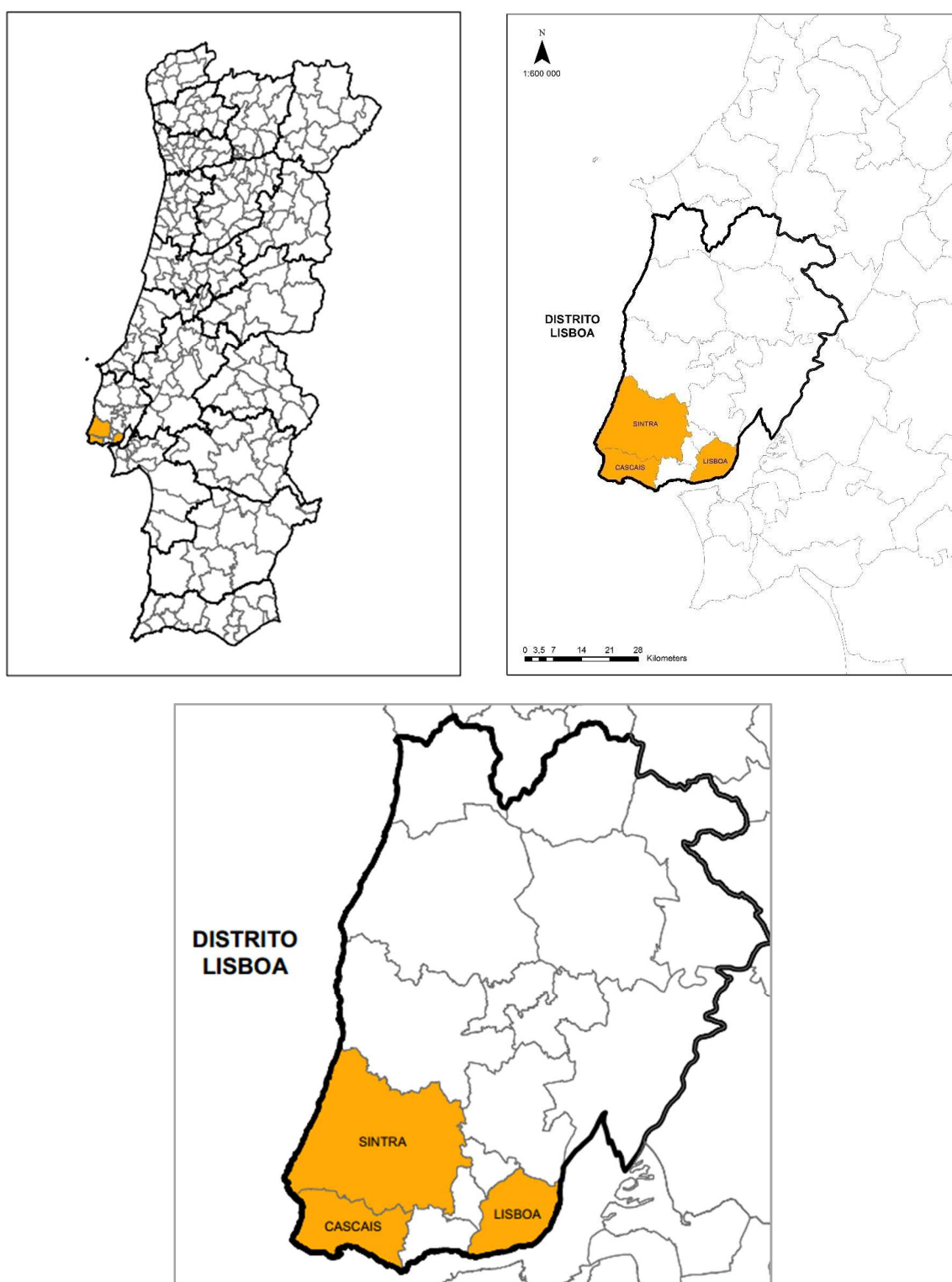


Figura III-9: Limites geográficos dos municípios da área de estudo

Tabela III-11: Área, população e densidade populacional dos três municípios da área de estudo

Município	Superfície (km ²)	População (Census 2011)	Densidade populacional (hab/km ²)
Lisboa	83,84	547 631	6 532
Sintra	316,06	377 835	1 196
Cascais	99,07	206 429	2 084

Depois de definida a área de estudo, as categorias taxonómicas desenvolvidas na primeira fase de revisão bibliográfica e consultas das fichas técnicas, foram validadas ou complementadas com trabalho de campo, desenvolvido durante as campanhas de recolha de informação realizadas nestes municípios, que se descrevem no próximo capítulo. A metodologia partiu do levantamento e descrição das características que teriam que ser identificadas para a aplicação da classificação nos equipamentos dos sistemas em funcionamento na área de estudo, testando assim o funcionamento da mesma, e identificando os aspectos a serem melhorados, de forma iterativa.

Esta fase foi particularmente importante para distinguir claramente o que deveriam constituir elementos taxonómicos e o que seriam elementos dispensáveis para a caracterização do equipamento, por serem características variáveis que um mesmo equipamento poderia assumir sem consequências para a sua funcionalidade (como aspectos estéticos como a geometria ou utilização de diferentes materiais) e que portanto não seriam considerados. Permitiu ainda validar a área de estudo definida, confirmando-se que os sistemas de recolha em funcionamento nos três municípios abrangiam todas as sub-classes disponíveis a nível nacional da versão final da taxonomia, que só ficou completamente definida com a conclusão desta fase metodológica.

No final desta fase estavam selecionados e classificados todos os equipamentos que constituíam os sistemas de recolha a avaliar, de acordo com a versão final da proposta de classificação taxonómica que se apresenta no capítulo IV.1, cujo resultado se detalha no capítulo V.1.

De referir que no caso dos contentores, para alguns equipamentos tipo incluíram-se diferentes capacidades ou materiais na análise, uma vez que, apesar de se tratar da mesma tecnologia, com a mesma classificação taxonómica, verificou-se que diferentes capacidades do mesmo equipamento eram recolhidas no mesmo circuito, assim como equipamentos constituídos por materiais diferentes, optando-se por incluir todas. Isto aconteceu em Sintra, no caso dos contentores de superfície de recolha lateral e em Lisboa, nos contentores de superfície de recolha traseira com duas rodas. Daqui resultou uma hipótese adicional que poderia ser testada: se a capacidade diferente, para um mesmo contentor, influencia o resultado em algum dos indicadores e qual(is).

No Anexo AIII faz-se uma primeira descrição dos principais tipos de soluções para recipientes de deposição selectiva que são actualmente utilizados a nível nacional, que foi um dos passos necessários na metodologia e que permitiu aferir os critérios para a exclusão de alguns sistemas do caso de estudo.

III.5.2 TRABALHO DE CAMPO

III.5.2.1 PLANEAMENTO DO TRABALHO DE CAMPO

O planeamento do trabalho de campo foi realizado em estreita colaboração com as entidades gestoras dos três municípios. A maioria dos sistemas a estudar encontravam-se em funcionamento no Município de Sintra, que exigiu portanto um maior cuidado no planeamento das campanhas, mas que foi facilmente elaborado uma vez que a entidade gestora, HPEM, era o local de trabalho da autora desta tese. Para a inclusão os sistemas em funcionamento em Lisboa e Cascais foram contactados os responsáveis das entidades gestoras para a realização de reuniões, que permitiram conhecer os serviços, metodologias de trabalho e de recolha e registo de informação, assim como a organização interna dos processos administrativos e operacionais.

A selecção dos pontos de recolha e circuitos mais representativos de cada equipamento ou sistema a monitorizar foi decisiva, uma vez que se pretendeu isolar o maior número possível de variáveis que possam ter influência na eficiência do sistema em análise, para além das variáveis intrínsecas ao próprio sistema. A utilização dos *softwares* de informação geográfica existentes nos municípios foi assim determinante, uma vez que permitiu revelar padrões resultantes das características geográficas da zona de abrangência das áreas de serviço dos circuitos, que não seriam óbvias pela simples análise das listagens dos circuitos e sua caracterização fornecidas pelas entidades gestoras. Esta análise foi ainda complementada pelo *software* de gestão de frota e/ou de optimização de circuitos quando disponível nas entidades gestoras.

Após as primeiras reuniões e concluída a análise da informação fornecida pelos municípios, em particular sobre as fontes de informação disponíveis e organização dos circuitos de recolha dos sistemas que se pretendiam monitorizar, foi possível concluir que:

- i. Existia uma enorme quantidade e diversidade de áreas de estudo - três municípios diferentes, cada um com diferentes zonas a estudar que correspondiam às áreas servidas pelos sistemas seleccionados;
- ii. Os serviços de recolha nos diferentes municípios tinham uma organização e particularidades próprias, que condicionariam a calendarização das monitorizações dos circuitos, como os dias de recolha, turnos, disponibilidade de meios, sazonalidade, entre outras;
- iii. A calendarização estaria sujeita a alterações fruto de greves, avarias, condicionantes meteorológicas, entre outras;
- iv. A recolha dos dados seria morosa, uma vez que as medições realizadas no terreno teriam que ser sujeitas a uma análise quase diária dos dados, para evitar a repetição de erros e permitir a introdução das alterações necessárias na metodologia e/ou dimensão da amostra inicialmente prevista (análise iterativa);

Foi assim necessário dividir os dados a levantar por diferentes campanhas de recolha de informação e monitorização de circuitos, que decorreram em fases e áreas de estudo distintas, obrigando ao alargamento da duração inicialmente prevista.

A uniformidade exigida nos critérios de monitorização e de registo dos dados a levantar levou a que as campanhas fossem planeadas de forma a não existir sobreposição entre elas, para que as campanhas fossem realizadas sempre pela mesma pessoa, com vantagens na qualidade da informação recolhida (menor influência de erro humano). A utilização inicialmente prevista de dois bolsheiros foi assim abandonada, passando a prever um, o que obrigou obviamente à extensão do período indicado no cronograma inicial apresentado na proposta de candidatura a doutoramento.

As campanhas de monitorização decorreram desde o final de 2009 até Julho de 2011, com uma duração total de vinte e um meses, de acordo com o cronograma apresentado na Tabela III-12.

Tabela III-12: Cronograma das campanhas de monitorização

Área de estudo (Entidade Gestora)	Ano	2009		2010												2011						
	Mês	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
	Sintra (HPEM)																					
	Lisboa (CMLisboa)																				-	
	Cascais (EMAC)																				-	

Os dezassete sistemas monitorizados, definidos pelas combinações contentor e viatura em funcionamento de forma consolidada nos três municípios da área de estudo, e que se irão descrever pormenorizadamente no capítulo dos resultados, listam-se na Tabela III-13.

Tabela III-13. Sistemas estudados – Caso de Estudo

Sistemas ⁵⁰	Descrição	Município (EG)
C1V5	Superfície, imóvel, sem compactação, elevador de apoios laterais + Caixa fechada, compactação intermitente, elevador automático, carga lateral	Sintra (HPEM)
C2V5 ⁵¹	Subterrâneo, s/compactação, Plataforma basculante e elevatória electrohidráulica, elevador de apoios laterais + Caixa fechada, compactação intermitente, elevador automático, carga lateral	Sintra (HPEM)
C3V1	Superfície, imóvel, sem compactação, grua de argola simples + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Sintra (HPEM) Cascais (EMAC)
C3V6	Superfície, imóvel, sem compactação, grua de argola simples + Corpo fechado, compactação intermitente, grua de gancho simples ou duplo, sem zona de carga específica	Sintra (HPEM)
C3V7	Superfície, imóvel, sem compactação, grua de argola simples + Caixa fechada, compactação intermitente, grua de gancho simples e elevador assistido (opcional) com pente e barras, carga traseira	Cascais (EMAC)
C4V1	Semi-subterrâneo, sem compactação, compacto, grua de argola simples + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Sintra (HPEM)

⁵⁰ C é a letra utilizada para os contentores e V para as viaturas, de acordo com a nomenclatura que se irá detalhar no capítulo V.

⁵¹ Existe apenas um conjunto instalado, integrado no circuito de recolha do sistema C1V5 (de superfície).

Tabela III-13. Sistemas estudados – Caso de Estudo (continuação)

Sistemas ⁵²	Descrição	Município (EG)
C4V7	Semi-subterrâneo, sem compactação, compacto, grua de argola simples + Caixa fechada, compactação intermitente, grua de gancho simples e elevador assistido (opcional) com pente e barras, carga traseira	Sintra (SUMA)
C3C4C5V1 ⁵³	Misto (inclui Subterrâneo, sem compactação, compacto, grua de argola simples) + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Sintra (HPEM)
C6V1	Subterrâneo, sem compactação, compacto, cogumelo + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Sintra (SUMA)
C6V6	Subterrâneo, sem compactação, compacto, cogumelo + Corpo fechado, compactação intermitente, grua de gancho simples ou duplo, sem zona de carga específica	Sintra (HPEM)
C7V1	Subterrâneo, sem compactação, com contentor e plataforma basculante hidráulica, grua de argola simples + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Sintra (SUMA)
C8V1	Subterrâneo, sem compactação, com contentor e plataforma basculante a gás, grua de argola dupla + Caixa aberta, não mecanizada, grua de gancho simples ou duplo disco, sem zona de carga específica	Cascais (EMAC)
C8V7	Subterrâneo, sem compactação, com contentor e plataforma basculante a gás, grua de argola dupla + Caixa fechada, compactação intermitente, grua de gancho simples e elevador assistido (opcional) com pente e barras, carga traseira	Cascais (EMAC)
C9V2	Superfície, móvel com rodas, sem compactação, elevador de apoios laterais + Caixa fechada, grade mecanizada, elevador assistido, carga traseira com pente	Lisboa (CML)
C9V3	Superfície, móvel com rodas, sem compactação, elevador de apoios laterais + Caixa fechada, compactação intermitente, elevador assistido com pente e barras, carga traseira	Lisboa (CML)
C10V3	Superfície, móvel com rodas, sem compactação, elevador de apoios frontais (120 litros) + Caixa fechada, compactação intermitente, elevador assistido com pente e barras, carga traseira	Lisboa (CML)
	Superfície, móvel com rodas, sem compactação, elevador de apoios frontais (240 litros) + Caixa fechada, compactação intermitente, elevador assistido com pente e barras, carga traseira	Lisboa (CML)
C11V4	Superfície, móvel sem rodas sem compactação, sem engates + Corpo fechado, compactação intermitente, elevador assistido, carga lateral	Lisboa (CML)

Depois de analisados os circuitos, foram selecionados aqueles que melhor cumpriam com os critérios de selecção, nomeadamente aqueles onde os contentores recolhidos tinham a mesma classificação taxonómica, isto é, os circuitos onde o sistema de recolha era sempre o mesmo e onde as frequências e dias de recolha eram estáveis, sem grandes variações sazonais ou picos relacionados com eventos pontuais. Considerou-se também como critério as características sócio-urbanas, para que os circuitos

⁵² C é a letra utilizada para os contentores e V para as viaturas, de acordo com a nomenclatura que se irá detalhar no capítulo V.

⁵³ Não existe nenhum circuito completo que recolha apenas os contentores C5.

fossem o mais homogêneos possível e representassem o melhor possível os circuitos do município com aquele sistema de recolha. Para esta selecção foi fundamental a colaboração dos técnicos responsáveis das entidades gestoras.

Apesar deste cuidado, nem sempre foi possível seleccionar circuitos “ideais”, considerando que nem sempre a realidade operacional da recolha é compatível com o que seriam as condições mais adequadas para a análise em curso. Surgiram ainda situações particulares que não estavam previstas mas que acabaram por ser integradas na metodologia. Assim, no caso do sistema C10V3, considerando que se verificou que existia uma correlação entre a capacidade dos contentores e a tipologia urbana da área a servir, optou-se por introduzir esta distinção na análise, que inicialmente não estava prevista, criando dois “sub-sistemas”, o primeiro, que serve zonas de moradias e onde se utilizam contentores de 120 litros (e alguns de 90 litros), e o segundo, que serve zonas de prédios e onde se utilizam contentores de 240 litros (e alguns de 360 litros). Durante a monitorização destes circuitos seriam registadas as capacidades dos contentores recolhidos em todos os pontos, de forma a permitir o tratamento de dados em separado. Também em Sintra foi necessário adaptar a metodologia à realidade existente no terreno. De facto, no caso do equipamento subterrâneo de recolha lateral (C2), verificou-se que existe apenas um conjunto instalado, integrado no circuito de recolha do sistema C1V5 (de superfície) pelo que o sistema C2V5 foi analisado para todos os indicadores excepto para os indicadores de serviço que obrigavam à análise do circuito. Também em Sintra se verificou que não existia nenhum circuito completo que recolhesse apenas os contentores C8, pelo que o sistema C8V1 foi analisado para todos os indicadores excepto para os indicadores de serviço que obrigavam à análise do circuito. Apesar disto, recolheu-se informação relativa a este circuito “misto”.

As campanhas de monitorização de circuitos foram finalmente programadas para os três municípios considerando as frequências e dias de recolha e turnos dos circuitos previamente seleccionados em conjunto com as Entidades Gestoras. Sempre que necessário, o calendário planeado era alterado após aprovação pelo responsável da Entidade Gestora.

Nos parágrafos seguintes detalham-se as especificidades e dificuldades sentidas durante as campanhas desenvolvidas em cada Município.

a) Campanhas de monitorização no Município de Sintra

A primeira campanha de monitorização iniciou-se em Novembro de 2009 em Sintra e prolongou-se até Janeiro de 2010. As monitorizações desenvolveram-se com a colaboração dos Departamentos de Planeamento e Operacional, e foram realizadas por uma estagiária da HPEM, Rita Marques, a trabalhar no Departamento de Planeamento. Esta campanha foi interrompida em Fevereiro, altura em que se iniciou a campanha de monitorização no município de Lisboa.

A segunda fase de monitorização realizada em Sintra iniciou-se em Dezembro de 2010 e prolongou-se até Maio de 2011, existindo alguma sobreposição no mês de Julho com a campanha de monitorização de Cascais. Esta segunda fase foi realizada pelo bolseiro Pedro Mousinho Santos, finalista do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, da FCT-UNL, durante o estágio realizado no Departamento de Planeamento da HPEM.

Em termos de ocupação de tempo do bolseiro, a recolha de dados operacionais - monitorizações de circuitos e campanhas de pesagens de contentores, foi de longe a que teve maior peso, apesar de ter existido também em paralelo a recolha de dados em gabinete, nomeadamente relacionados com as características técnicas dos contentores e viaturas, assim como os dados de cobertura dos contentores dos circuitos monitorizados. Estes últimos dados, que pretendiam apenas contextualizar os resultados eram no entanto de recolha mais exigente, por obrigarem a um trabalho em *software* de informação

geográfica muito oneroso em termos de tempo, que provou-se ser incompatível com a duração prevista para o levantamento de dados, pelo que se optou por abandonar e assumir os dados de cobertura médios de informação já existente na HPEM.

Foi também feita a recolha de dados financeiros, mas não na sua totalidade, considerando a escassez dos dados associados a custos de manutenção e exploração dos sistemas disponíveis, não existindo mesmo qualquer registo para alguns, situação que não foi possível ultrapassar em tempo útil, pelo que se optou por assumir dados bibliográficos ou aplicar estimativas, sempre que possível.

b) Campanhas de monitorização no Município de Lisboa

A campanha de monitorização no município de Lisboa iniciou-se em Fevereiro de 2010, na Divisão de Limpeza Urbana (DLU), do Departamento de Higiene Urbana e Resíduos Sólidos (DHURS) da Câmara Municipal de Lisboa (CML). Desenvolveu-se também com a colaboração do bolseiro Pedro Mousinho Santos. Esta fase, que terminou em Setembro de 2010, teve a duração de oito meses, durante os quais foi possível recolher a informação necessária sobre os quatro sistemas de recolha em estudo, graças à estreita colaboração com os técnicos da CML.

As dificuldades na recolha de dados centraram-se essencialmente nas alterações que o plano de monitorizações foi sujeito durante os oito meses, geradas por avarias, férias e greves. Foi também difícil programar as monitorizações dos circuitos de lavagem de contentores, uma vez que a sua programação não é fixa. No que diz respeito aos dados de gabinete, a maior dificuldade residiu na dispersão da informação pelos diferentes gabinetes e na aquisição de dados de custo, nomeadamente os relacionados com os custos de exploração, com especial relevância para os de manutenção de contentores.

c) Campanhas de monitorização no Município de Cascais

A terceira campanha de monitorização iniciou-se em Outubro de 2010, no Concelho de Cascais, no Departamento Técnico da EMAC - Empresa de Ambiente de Cascais EM, S.A., para a recolha de dados sobre o sistema de recolha seleccionado neste Município. Na reunião de arranque, com o responsável por este departamento, ficou decidido que a campanha teria que decorrer em duas fases, uma vez que, apesar de existirem já vários equipamentos instalados do modelo em questão, não existiam ainda em quantidade suficiente para justificar um circuito exclusivo de recolha, estando ainda em curso a empreitada de instalação dos restantes equipamentos.

Nesta primeira reunião foi assim definido um objectivo adicional, que consistia na comparação dos dois sistemas: o sistema a substituir, C3V1 (situação de referência) e o sistema a instalar, C8V1, que iriam servir a mesma zona, sendo esta uma mais-valia que se poderia aproveitar. Assim, numa primeira fase, foram monitorizados os circuitos que serviam a zona onde se iria alterar o sistema de recolha, que à data eram servidos pelo sistema de superfície de recolha com grua, um sistema que já tinha sido monitorizado em Sintra. No final da implementação do novo sistema verificou-se, no entanto, que não seria possível avançar com a comparação com a situação de referência uma vez que os circuitos novos não foram definidos para servir exactamente a mesma zona, existindo partilha com circuitos de zonas limítrofes, impossibilitando a recolha de dados comparáveis.

Esta fase durou dois meses, durante os quais foram também recolhidos dados de gabinete de ambos os sistemas. A segunda fase da campanha de monitorizações no Concelho de Cascais decorreu durante o mês de Julho de 2011, depois de concluída a empreitada de instalação dos equipamentos subterrâneos dos sistemas C8V1 e C8V7 e estabilizados os circuitos de recolha correspondentes.

As limitações já descritas para Sintra e Lisboa, a nível da informação disponível, repetiram-se em Cascais para os mesmos indicadores, com menor relevância no que diz respeito a dados financeiros de manutenção de viaturas, onde existem registos, apesar de nem sempre fáceis de trabalhar, por se referirem a dados globais por tipologia de viatura e não por matrícula.

III.5.2.2 EQUIPAMENTOS, HARDWARE E SOFTWARE

No capítulo III.1.3 indicaram-se os equipamentos previstos durante a definição macro da metodologia de trabalho e no capítulo III.3.3 a precisão necessária. Esta definição concretizou-se nas características técnicas e gamas de medição necessárias, depois de conhecidos os equipamentos que se iriam analisar. Concretizando, no caso das campanhas de pesagem de contentores, depois de analisados os equipamentos e gamas de pesos máximos esperados, conclui-se que, para além do dinamómetro de gancho existente no Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT-UNL, seria necessário utilizar mais dois equipamentos, compatíveis com toda a gama dos equipamentos em análise e características, uma vez que nem todas as pesagens obrigariam à utilização de uma viatura pesada com grua e dinamómetro de gancho, uma metodologia que seria adequada a equipamentos com argola e de maiores dimensões mas não para equipamentos de menores capacidades.

Assim, os equipamentos utilizados no trabalho de campo para cada gama de capacidades foram:

- i. Contentorização de maior capacidade, de 1 a 5 m³: dinamómetro de gancho, marca REMA, que cumpria largamente com a gama de pesos pretendida (até 2 t) e precisão de ± 1 kg;



Figura III-10: Dinamómetro utilizado nas pesagens de contentores de capacidades iguais ou superiores a 1000 litros, em Lisboa, Cascais e Sintra.

- ii. Contentorização de média capacidade, de 90 a 360 litros: balança de plataforma DIGI adequada à gama de pesos (até 60 kg) e precisão de $\pm 0,1$ kg;



Figura III-11: Balança de plataforma utilizada nas campanhas de pesagem de contentores de 90 a 360 litros, em Lisboa

- iii. Sacos de plástico, até 200 litros⁵⁴: balança de precisão manual de gancho, modelo KECH50K50, até 50 kg, com precisão de $\pm 0,05$ kg, adequada à gama de pesos dos sacos do sistema de recolha porta-a-porta;



Figura III-12: Balança de gancho utilizada nas campanhas de pesagens de sacos, em Lisboa

- iv. Cronómetro para a recolha de informação associada aos diversos tempos parciais unitários, com memória para visualização dos tempos fracionados e o acumulado (cronómetro ao centésimo de segundo, com capacidade para 19h,59 min e 59,99 s. de 4 contagens);
- v. Fita métrica, com precisão de $\pm 0,001$ m, para medição das dimensões dos equipamentos de deposição.

Em gabinete, para além dos computadores, utilizaram-se os postos de trabalho disponibilizados pelas entidades gestoras com os *softwares* utilizados por cada uma para a gestão da diferente informação a recolher - *softwares* de gestão de informação geográfica (e.g. ArcGIS), software de controlo financeiro (e.g. Primavera), de gestão de bases de dados (e.g. Access) de gestão de frota, entre outros.

Para a informação geográfica, utilizaram-se os postos SIG das entidades gestoras, com licença de *software* ArcGis Desktop. Ao contrário do inicialmente previsto, onde se pretendia calcular dados de cobertura para todos os pontos de deposição dos circuitos monitorizados e tal como se referiu no capítulo anterior, optou-se por utilizar a informação dos valores médios de cobertura para caracterizar os circuitos monitorizados, pelo que o *software* de gestão de informação geográfica foi utilizado para a recolha e gestão dos dados com uma componente geográfica, sem que fosse necessário realizar qualquer operação edição dos mesmos.

Utilizou-se também com Microsoft Office, incluindo o Access, uma ferramenta que foi essencial na fase de análise de dados de gabinete, nomeadamente na validação de alguns dos dados obtidos por estimativa, por comparação com o histórico disponível nas bases de dados das entidades gestoras, e em particular na fase de tratamento de resultados, essencial para a automatização de cálculos que obrigavam a operações matemáticas que envolviam diferentes tabelas de dados, através de uma chave comum, que se descreve no capítulo dedicado ao tratamento de dados e resultados (capítulo III.5.3).

Para as campanhas de monitorização de circuitos, quando não era possível acompanhar o circuito dentro da cabine da viatura, que era o caso dos sistemas de recolha onde, para além do motorista se

⁵⁴ De acordo com informação da CML, apesar dos sacos a analisar fossem de 30 litros de capacidade (seção doméstico), existiam pontualmente nos circuitos selecionados pontos de deposição de origem não doméstica (restauração, comércio) que utilizavam sacos para deposição dos fluxos de papel/cartão ou plástico/metal que poderiam ir até os 200 litros.

utilizam dois cantoneiros, as entidades gestoras cederam um ligeiro e um motorista, que seguia a viatura de recolha.

As campanhas de recolha de dados de gabinete (operacionais e financeiros), de medição e pesagem de contentores e de monitorização de circuitos foram realizadas para os três municípios de acordo com a metodologia descrita nos capítulos III.3.3 e III.3.4. Assim, nos capítulos seguintes serão detalhadas apenas questões particulares, como eventuais alterações pontuais à metodologia geral e pressupostos que resultem ou sejam específicos da área de estudo, assim como a informação relativa às fichas de campo utilizadas e dimensão das amostras.

III.5.2.3 RECOLHA DE DADOS DE GABINETE

a) *Levantamento das especificações técnicas dos equipamentos*

Para os contentores foram recolhidas todas as dimensões dos 11 tipos e respectivas bocas de deposição (comprimento, largura/diâmetro), quando aplicável, assim como a capacidade bruta e capacidade útil, que permitiram complementar e/ou validar os valores indicados nas fichas técnicas dos fornecedores, que na sua maioria foram fornecidas pelas entidades gestoras ou estavam disponíveis nos *websites* dos fornecedores. Esta recolha de dados foi, sempre que necessário, complementada com os esclarecimentos prestados pelos fornecedores/fabricantes dos equipamentos.

De acordo com a metodologia prevista, numa primeira fase recolheram-se todos os dados que constavam das fichas técnicas dos equipamentos, preenchidos nas tabelas das fichas de campo com os dados a levantar. Depois de concluída esta fase, estas tabelas foram impressas e levadas para o campo para que os dados recolhidos pudessem ser validados ou corrigidos e os campos em falta preenchidos. Os campos que constituem estas tabelas são os mesmos que constam do resultado final, após tratamento de dados, que se apresentam no Anexo AIV.

A recolha das dimensões dos contentores de superfície foi realizada, sempre que possível, nas instalações das entidades gestoras, isto é, no armazém dos equipamentos (equipamentos em *stock*) e/ou oficina (equipamentos em manutenção). Só quando não se encontrava nenhum contentor do tipo que se pretendia medir é que as medições eram feitas num local da via pública onde este equipamento estivesse instalado. Naturalmente que para os equipamentos subterrâneos foi sempre necessário a deslocação ao local onde os mesmos estavam instalados.

Dos valores recolhidos, importa destacar a metodologia seguida para a capacidade líquida, que foi estimada a partir do cálculo da capacidade não útil, tendo-se medido, para isso, a altura e fundura interiores dos espaços que ficam vazios, de acordo com os pressupostos e metodologia já descritos no capítulo III.3.3.

Importa também referir que as dimensões das alturas e larguras totais dos contentores foram medidas que correspondem à dimensão maior, largura ou altura do contentor ou coluna de deposição (nas situações em que a geometria não é igual, existindo zonas mais largas que outras), para os equipamentos de superfície e subterrâneos, respectivamente. Note-se ainda que a dimensão dos engates ou apoios laterais, não sendo variáveis determinantes na ocupação do espaço público, não foi incluída nas alturas ou larguras indicadas, que rondam os 0,15 m no caso dos engates para recolha com grua (a somar à altura) e 0,29 m, no máximo para os apoios laterais (total dos dois apoios, a somar à largura). De referir também que, quando a diferença entre o valor medido e o valor indicado na ficha técnica do fornecedor ou fabricante era inferior a meio milímetro assumiam-se os valores da ficha.

As viaturas que seriam analisadas só ficaram completamente identificadas através da referência do modelo do chassis, estrutura de recolha e do equipamento de elevação (grua ou elevador), que foi registado para cada matrícula das viaturas, isto porque uma mesma estrutura de recolha pode vir equipada com diferentes equipamentos de elevação.

Para os dados a recolher das viaturas, a maioria das dimensões foram retiradas dos livretes e catálogos com as especificações técnicas, que geralmente são muito mais completos, quando comparados com os contentores. A excepção são os dados sobre as “alturas de elevação” (máxima, de operação e de circulação), que dependem muito do sistema de elevação, sendo mais críticos para as viaturas com grua. De facto, verificou-se que na prática, independentemente do que está definido internamente pela entidade gestora e/ou legislação aplicável, a grua só é completamente recolhida ao longo do circuito quando a deslocação entre dois contentores é grande ou durante a fase de transporte, de/para a central de descarga ou parque de viaturas, no início/fim de cada frete, considerando o tempo que demora a recolher a grua. Isto significa que na maioria do tempo de recolha efectivo a grua não assume a posição de recolha, que pode influenciar a altura de circulação da viatura.

De destacar também o “peso bruto máximo real”, que foi obtido adoptando as duas metodologias descritas no capítulo III.3.3. (histórico de pesagens e registos manuais dos motoristas), assumindo-se o valor maior que resultasse das duas.

Finalmente deve ser referido que a metodologia inicial previa a recolha das dimensões da zona de carga das viaturas, por se considerar que poderia ser um factor importante na compatibilidade contentor-viatura, no entanto, depois da primeira recolha de dados, verificou-se que esta informação não teria utilidade por não ter consequências directas na operação ou identificação dos equipamentos, sendo a compatibilidade contentor-viatura definida pelo sistema de engate, de acordo com a classificação taxonómica.

No Anexo AIV listam-se os dados recolhidos que constavam das tabelas de levantamento de informação das viaturas, que construíram as fichas de campo utilizadas nas campanhas realizadas nos três municípios.

b) Levantamento dos dados financeiros

Também no levantamento dos dados financeiros se seguiu a metodologia geral descrita no capítulo III.3.4., para os três municípios.

Assim, para os custos de investimento inicial utilizaram-se os registos de despesas efectivamente realizadas para cada um dos sistemas em análise, através da consulta de facturas, contratos de aquisição e aluguer operacional. Tratam-se de dados de custo reais, suportados pelos municípios ou prestadores de serviços contratados por estes a trabalhar na área de estudo, que são fruto das condições em que foram adquiridos (e.g. data, quantidades, condições de fornecimento) que são diversas pelo que podem sobre ou sub estimar o custo do equipamento A ou B. Foram assim registados os valores assumidos pelas entidades gestoras para adquirir todos os tipos de contentores e viaturas analisados, sem IVA, assim como a data de aquisição, quantidade adquirida (no caso dos contentores), condições particulares de aquisição (sempre que aplicável), e outra informação que pudesse ter influência no valor registado. Só em casos muitos particulares, na ausência de outra informação ou quando a data de aquisição era muito antiga, se recorreu à análise de propostas de fornecedores. Foi também registado o tempo de amortização definido pelos municípios para cada equipamento.

Em relação ao gasóleo, os cálculos partiram de dados reais, monitorizados durante o normal funcionamento dos circuitos de recolha, onde foram recolhidas as distâncias percorridas por circuito e número de paragens para recolha, assim como dos dados das médias de consumo aos 100 km

fornecidas pelos municípios (registos de consumos reais das viaturas utilizadas nestes circuitos), que resultam de largas dezenas ou centenas de registos. Para obter o custo do gasóleo e gás natural comprimido foram utilizados os custos suportados pelas Entidades Gestoras em 2011.

Para os custos com recursos humanos seguiu-se também o modelo de custos descrito, tendo-se solicitado todas as parcelas de custo previstas, uma informação que, na generalidade, foi bastante fácil de obter. De referir que para todas as parcelas foram indicados valores médios, para a categoria em questão, isto é, para o vencimento base de um motorista em Cascais foi assumido o valor médio dos vencimentos de todos os motoristas, para as horas extraordinárias, o valor médio de horas realizadas pelos motoristas, e assim sucessivamente.

Ao contrário da recolha dos dados de gabinete necessários para os indicadores operacionais de equipamento, nomeadamente das características técnicas de contentores e viaturas, que decorreu sempre que possível em paralelo com as campanhas de monitorização no terreno, a recolha dos dados financeiros teve que se prolongar durante mais tempo, tendo sido dada como concluída apenas no final de 2013.

III.5.2.4 CAMPANHAS DE PESAGEM DE CONTENTORES

Uma das componentes mais exigentes nesta fase de levantamento de campo foi a recolha dos dados necessários para o cálculo do peso específico dos resíduos em contentor, nomeadamente o peso total do contentor cheio (taxa de enchimento a 100%) e a tara (peso do contentor vazio), para todas as tipologias de contentor e três fluxos de resíduos em análise.

De facto, o peso específico dos resíduos em contentor constituiu um objectivo fundamental definido desde o início deste trabalho, que foi reforçado durante a revisão bibliográfica pela ausência de dados reprodutíveis específicos dos diferentes tipos de contentores e fluxos de resíduos, pelo que se pretendia que a metodologia aplicada fosse capaz de devolver resultados suficientemente consistentes para serem reprodutíveis em qualquer parte do Mundo, constituindo assim um dado base de dimensionamento.

Considerando o esforço humano, financeiro e de tempo associado à recolha deste dado, o cálculo do tamanho da amostra descrito no capítulo III.5.3 seria assim decisivo, uma vez que se teria que equilibrar os resultados devolvidos pela análise estatística das amostras de dados que se iam recolhendo, com a viabilidade operacional, financeira e cronológica da recolha de mais dados para o meso tipo de contentor e fluxo de resíduo.

Seguiu-se assim a metodologia descrita no capítulo III.3.3 para a recolha da tara e peso máximo do contentor, utilizando o dinamómetro e balanças listados no capítulo III.5.2.2. Antes de se iniciar a recolha de dados foram recordados e reforçados os procedimentos e informação a registar, nomeadamente em relação à correcta observação e registo das taxas de enchimento nos diferentes tipos de contentores, que nem sempre era fácil.

O cronograma das pesagens era definido quase diariamente, de acordo com a informação recolhida pelos motoristas e transmitida pelos encarregados, que indicavam os pontos e dias mais adequados para as medições, onde se registavam taxas de enchimento superiores. Quando nenhum dos pontos com os equipamentos que se pretendiam pesar devolvia taxas de enchimento altas em nenhum dos dias de recolha, foram previamente seleccionados alguns pontos de deposição, de acordo com os dados das taxas de enchimento recolhidos e conhecimento do histórico de cada ponto transmitido pelas equipas de recolha, que não eram recolhidos propositadamente, falhando assim um dos dias de recolha definidos, e que depois eram pesados assim que os recipientes ficassem cheios.

Esta metodologia era exigente, uma vez que obrigava a uma monitorização rígida dos pontos por parte não só da equipa de recolha selectiva que fazia habitualmente o circuito em questão mas também das equipas de recolha indiferenciada dos circuitos que serviam a mesma zona, a quem era solicitado o registo das taxas de enchimento do contentor em questão, de forma a garantir que a qualidade do serviço oferecido não fosse prejudicada. De facto, antes de se avançar para esta metodologia, que obrigava ao incumprimento das frequências de recolha estabelecidas em alguns locais, foi necessário ter a aprovação por parte dos responsáveis das entidades gestoras, tendo-se garantido na altura que tudo se faria para evitar a permanência de contentores demasiado cheios na via pública, que criassem problemas de deposição no seu exterior e reclamações dos munícipes, sendo assim indispensável uma resposta rápida por parte do bolseiro e também dos gestores operacionais do serviço (encarregados e gestores de frota), que teriam que disponibilizar os meios necessários (motorista, cantoneiro e grua) para realizar a pesagem no turno imediatamente seguinte.

Finalmente, deve-se ainda referir que logo após as primeiras pesagens se concluiu que as campanhas deveriam decorrer, sempre que possível no turno da noite, durante o qual existia menos tráfego, o que permitia que a viatura ficasse parada o tempo adicional necessário à realização da pesagem. Teve-se também o cuidado de seleccionar pontos que não estivessem numa zona de restauração ou comercial, evitando a especificidade de resíduos que estas zonas geram e que iria ter influência nos resultados, privilegiando-se assim zonas de habitação.

De acordo com a metodologia descrita, utilizou-se uma viatura grua e o dinamómetro com gancho nos contentores onde o sistema de engate era de argola, simples ou dupla, de acordo com a Figura III-13, onde se ilustra a pesagem de um contentor de superfície, imóvel, de grua e argola simples, durante a campanha de pesagens de Cascais.

Para os contentores sem este sistema de engate, foi necessário recorrer à utilização de cintas de carga, que foram amarradas aos apoios laterais dos contentores, e depois presas aos gancho do dinamómetro, tal com o que se ilustra nas Figuras III-14 e III-15, nas campanhas de pesagens em Sintra e Lisboa, de um contentor subterrâneo com plataforma basculante e elevatória electrohidráulica e elevador de apoios laterais e de um contentor de superfície móvel com apoios laterais e frontais, respectivamente.

Figura III-13: Pesagem de contentores com argola com dinamómetro de gancho

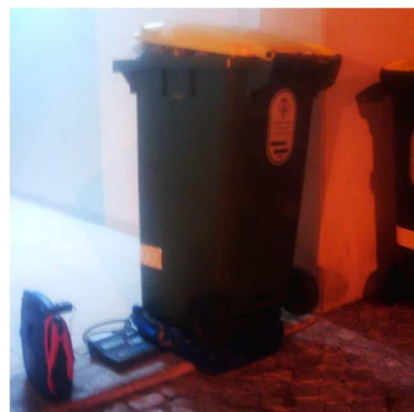
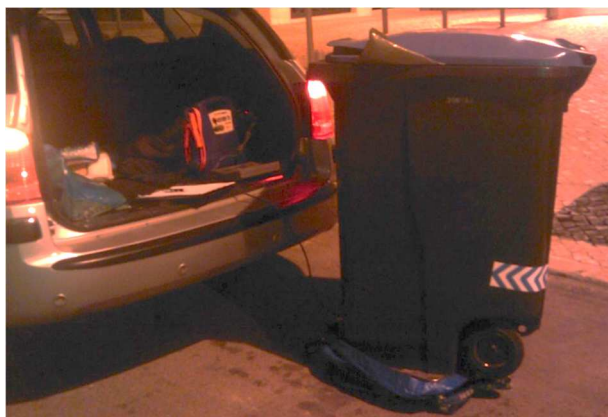


Na campanha de pesagem de Lisboa, para os contentores de duas rodas com capacidades inferiores a 1000 litros, utilizou-se uma balança de plataforma elétrica, sendo os contentores colocados sobre a plataforma tal como é ilustrado nas Figuras III-16 e III-17.

As fichas de campo para estas campanhas eram simples, constavam apenas de um campo destinado à identificação da localização do contentor (circuito, morada ou ref.^a GPS), do tipo e capacidade, um campo para o registo da pesagem e um campo de observações.



Figuras III-14 e III-15: Metodologia utilizada para a pesagem com dinamómetro de gancho de contentores sem argola, utilizando uma cinta de carga e uma corrente metálica, respectivamente.



Figuras III-16 e III-17: Metodologia utilizada para a pesagem com balança de plataforma de contentores de 360 e 120 litros.

Em termos de procedimento, o primeiro passo consistia na análise visual do conteúdo do contentor (o que estava visível, à superfície), para evitar a pesagem de contentores com contaminantes. No caso dos contentores de maiores capacidades, o dinamómetro era depois preso ao gancho da grua, em cima, e em baixo à argola do contentor ou cinta/corrente (que era depois presa aos apoios laterais). Depois de se confirmar que estava bem preso, o motorista elevava a grua até o contentor estar completamente elevado do pavimento sendo feita a leitura do visor. O contentor era depois esvaziado para a viatura de acordo com o procedimento habitual sendo observado o seu conteúdo, de forma a despistar a presença de contaminantes que pudessem influenciar o valor registado, que, em caso afirmativo, era registado no campo das observações. Caso a tara do contentor em questão ainda não tivesse sido medida o contentor era depois pesado vazio, seguindo os mesmos passos. Considerando o tempo que esta operação durava, em alguns casos as pesagens foram realizadas no fim ou início do circuito de recolha, fazendo um desvio ao(s) local(is) previamente identificado(s).

Para os contentores de menores capacidades as campanhas de pesagem dos contentores não exigiam a presença da viatura e equipa de recolha, uma vez que bastaria a balança de plataforma ou de gancho, pelo que não foram realizadas durante os circuitos. O procedimento era o mesmo excepto nas pesagens do contentor vazio, realizadas nas instalações da Oficina de Lisboa.

Apesar de se ter definido como ponto de partida um mínimo de três pesagens, para o caso dos sacos, considerando que a pesagem era substancialmente mais fácil, definiu-se um mínimo de cinco pesagens. No final, o número de pesagens realizadas em cada combinação tipo de contentor valência dependeu dos resultados da análise estatística que foi sendo feita ao longo das campanhas, que tornaram este trabalho bastante mais oneroso em termos de recursos humanos e equipamentos do que o inicialmente previsto. De facto, considerando a variabilidade dos resíduos existentes em cada contentor dentro do mesmo fluxo de resíduo, foi necessário aumentar em muito o número de registos, em particular para o papel/cartão, onde a análise estatística evidenciou maior variabilidade. As campanhas foram distribuídas durante o ano, sendo canceladas e reagendadas sempre que se registava pluviosidade nos 3 dias anteriores.

No total dos três municípios, foram realizadas 911 pesagens de contentores, dos quais 747 foram registos de contentores cheios e 164 de contentores vazios (tara). Das 747 pesagens de contentores cheios, 455 dos registos foram realizados em Sintra, 203 em Lisboa e 66 em Cascais, distribuídos pelos diferentes tipos de contentores e fluxos de resíduos.

Destes registos, foram eliminados aqueles que depois de analisado o campo das observações, se considerou que deveriam ser eliminados como, por exemplo, registos de contaminações, que foram bastante frequentes no caso do vidro, ou registo da presença de lixiviados no fundo dos contentores, também frequente no Inverno, no caso dos contentores subterrâneos.

No final desta análise, ficaram 596 registos de contentores cheios, distribuídos pelos tipos de contentores e fluxos de resíduos de acordo com o que se apresenta na Tabela III-14.

Tabela III-14: Dimensão das amostras resultantes das campanhas de pesagem de contentores, por tipo de contentor e fluxo de resíduo.

Tipo de Contentor (Referência)	Número de Registos Válidos		
	Papel/cartão	Plástico/metal	Vidro
C1.1	12	13	8
C1.2	19	10	5
C1.3	16	9	5
C1.4	9	9	5
C2	5	4	3
C3	15	8	5
C4	15	17	9
C5	6	5	3
C6	23	24	10
C7	10	19	9
C8	15	10	6
C9	28	11	6
C10.1	9	11	-
C10.2	31	9	-
C10.3	17	7	-
C10.4	7	6	-
C11	24	26	-

III.5.2.5 CAMPANHAS DE MONITORIZAÇÃO DOS CIRCUITOS DE RECOLHA

Antes de se iniciar a recolha de dados foram elaboradas as fichas de campo com a informação a registar organizada de forma a facilitar o seu preenchimento. Foram também definidos os procedimentos a seguir durante a monitorização dos circuitos e observações a registar no campo destinado para o efeito, nomeadamente em relação a situações particulares do serviço que alterariam os resultados. Na programação e organização das campanhas de monitorização foram envolvidos os encarregados de serviço ou de turno, cuja colaboração foi essencial, contribuindo com informações determinantes no sucesso das campanhas, nomeadamente situações pontuais imprevisíveis, como a da avaria da viatura habitual ou de eventos que iriam alterar a sequência de recolha ou a área a servir.

No início de todas as monitorizações de circuitos transmitiam-se à equipa de recolha os objectivos da mesma, para garantir que a equipa realizava o circuito de forma habitual, sem alterar nenhuma das suas rotinas ou procedimentos, tentando-se assim minorar as alterações de comportamento que a presença de um elemento estranho à equipa geralmente provocam. Esta informação era também previamente transmitida aos encarregados de turno, que estavam assim avisados da realização das monitorizações.

As fichas de campo foram elaboradas de acordo com a metodologia descrita, em suporte de papel, uma vez que não estavam disponíveis os meios necessários para o registo digital (PDA ou Tablet). As fichas tinham um cabeçalho para a identificação completa do serviço - circuito de recolha, data e turno, dimensão da equipa, tipo de resíduo e viatura de recolha (referência interna ou matrícula) e os campos para os registos de tempos e distâncias para as sete fases do circuito, de acordo com o descrito no capítulo III.3.3. Tinham ainda uma tabela própria, numa segunda página da folha de campo, para os registos dos tempos de recolha e do número de contentores recolhidos por ponto, com um campo de observações associado a cada linha de registo. A ficha tinha também um campo destinado ao registo da quantidade recolhida por volta e por circuito, número total de pontos de recolha e número total de contentores recolhidos na volta/circuito, a preencher no final do circuito. Existia ainda um campo para o registo dos abastecimentos, caso ocorressem durante o circuito.

De todos os registos, os dados dos tempos de recolha foram naturalmente os mais exigentes e com maior número de registos. Este dado foi medido com cronómetro, sempre que foi recolhido um contentor. A metodologia seguida foi iniciar a contagem do tempo quando o motorista travava a viatura (luz de stop acesa) e terminar quando o motorista arrancava para o próximo ponto de recolha, registando-se o tempo total e o número de contentores recolhidos nesse intervalo de tempo.

Considerando as limitações em termos de tempo e condicionantes próprias dos dias, turnos e frequências dos circuitos representativos de cada sistema de recolha a estudar, estipulou-se um mínimo de dois registos para cada circuito e dia de recolha: os circuitos com recolha de uma vez por semana, seriam monitorizados duas vezes, e os circuitos com recolha de duas vezes por semana, seriam monitorizados quatro vezes e assim sucessivamente, considerando que, apesar de geralmente servirem a mesma zona, existem frequentemente alterações em algumas ruas ou pontos servidos em diferentes dias da semana.

Finalmente, tendo-se constatado durante a revisão bibliográfica que é comum encontrar estudos onde é feita a comparação do desempenho do serviço de recolha realizado por entidades públicas e privadas, quer em termos operacionais quer financeiros (Bolaane e Isaac, 2015), optou-se por incluir no planeamento das campanhas de monitorização, circuitos realizados onde o serviço é realizado por um prestador de serviços, que se encontraram em Sintra, neste caso realizados pela SUMA - Serviços Urbanos e Meio Ambiente, S.A.

O número de monitorizações realizadas em cada município e a cada sistema de recolha e valência dependeram não só dos sistemas existentes em cada município, como das especificidades de cada um e homogeneidade e representatividade dos dados monitorizados. A distribuição das monitorizações pelos diferentes municípios e peso percentual que cada um teve no esforço total das campanhas apresenta-se na Tabela III-15, discrimina-se no caso de Sintra circuitos que realizados com meios próprios e prestação de serviços.

Tabela III-15: Número de monitorizações de circuitos por município

Entidade Gestora	N.º de monitorizações	Peso % no Total	Município
CML	41	31%	LISBOA
EMAC	14	11%	CASCAIS
HPEM - Meios Próprios	53	41%	SINTRA (58%)
HPEM – Prestador de Serviços	22	17%	
Nº total de monitorizações	130		

Os 130 circuitos de recolha monitorizados foram distribuídos pelos sistemas de recolha em estudo, de acordo com a Tabela III-16, onde se excluem as monitorizações de circuitos de lavagem, que se detalham no capítulo seguinte.

Tabela III-16. Número de monitorizações de circuitos por sistema de recolha

Sistemas	Fluxo de resíduo	Número de monitorizações	Número total de
C1,C2V555	Papel/cartão	6	23
	Plástico/metálico	9	
	Vidro	8	
C3V1	Papel/cartão	3	8
	Plástico/metálico	2	
	Vidro	3	
C3V6	Papel/cartão	2	4
	Plástico/metálico	2	
C3V7	Papel/cartão	4	6
	Plástico/metálico	2	
C4V1	Papel/cartão	3	8
	Plástico/metálico	3	
	Vidro	2	
C4V7	Papel/cartão	2	6
	Plástico/metálico	2	
	Vidro	2	
C3C4C5V156	Vidro	1	1

⁵⁵ Do total de 23 circuito, foram monitorizados 5 circuitos do sistema C1C2V5 (isto é circuitos onde este ponto de deposição com o equipamento C2 estava integrado): dois de para papel/cartão, dois de plástico/metálico e um de vidro. Os restantes 18 circuitos correspondem ao sistema C1V5.

⁵⁶ Não existe nenhum circuito completo que recolha apenas os contentores C5.

Tabela III-18. Número de monitorizações de circuitos por sistema de recolha (continuação)

Sistemas	Fluxo de resíduo	Número de monitorizações	Número total de
C6V1	Papel/cartão	2	6
	Plástico/metalo	2	
	Vidro	2	
C6V6	Papel/cartão	5	11
	Plástico/metalo	2	
	Vidro	4	
C7V1	Papel/cartão	3	9
	Plástico/metalo	3	
	Vidro	3	
C8V1	Vidro	1	1
C8V7	Papel/cartão	3	6
	Plástico/metalo	3	
C9V2	Vidro	4	4
C9V3	Papel/cartão	4	8
	Plástico/metalo	4	
C10V3	Papel/cartão	8	20
	Plástico/metalo	12	
C11V4	Papel/cartão	4	9
	Plástico/metalo	5	

Da análise desta tabela resulta que o número de monitorizações por sistema e fluxo de resíduo definido inicialmente na metodologia foi cumprido, ultrapassando na maioria dos casos o mínimo de dois registos para cada circuito e dia de recolha. Em particular, nos sistemas C1C2V5 e C10V3 o número de circuitos monitorizados ultrapassou largamente o previsto. Para o sistema de recolha lateral, C1C2V5, concluiu-se que teria que ser seleccionado mais que um circuito representativo do sistema para cada fluxo de resíduo, uma vez que existiam duas zonas distintas que este sistema servia: uma mais urbana, onde os contentores instalados eram de maior capacidade (C1.2 e C1.3) e que incluía a recolha do único equipamento subterrâneo de recolha lateral (C2) e uma segunda zona, com características mais rurais, onde a gama de capacidades recolhida era maior, sendo as capacidades menores (C1.1) as mais representativas. Em relação ao sistema de recolha traseira de contentores de duas rodas (C10V3), depois de analisados os circuitos, verificaram-se também duas tipologias de zonas distintas: na primeira, a tipologia de edificado era constituída por construção em altura, sendo as capacidades recolhidas maiores (C10.3 e C10.4), na segunda, os circuitos serviam uma zona de moradias, sendo as capacidades recolhidas menores (C10.1. e C10.2). Por estes motivos, para estes dois sistemas foi seleccionado mais que um circuito representativo para cada fluxo de recolha, que gerou um maior número de monitorizações.

Noutros sistemas, quando os dias de monitorização para diferentes fluxos de resíduos coincidiam no mesmo dia da semana e turno e/ou quando as frequências de recolha eram muito alargadas (como é o caso do vidro), o que, considerando que eram feitas por apenas um bolseiro, obrigava a duplicar a duração prevista de monitorização para conseguir o número de registos pretendido, optou-se por fazer uma única monitorização. Esta situação aconteceu apenas para o sistema C8V1, para o circuito de recolha do vidro, depois de se ter garantido que toda a informação necessária tinha sido devidamente recolhida, por se entender que não traria nenhuma vantagem para os resultados aumentar a amostra.

Em relação ao C3C4C5V1, ressalva-se que se trata de um circuito “misto” por serem recolhidos, no mesmo sistema, diferentes tipos de contentores. De facto, este circuito foi monitorizado depois de se concluir que não existia em funcionamento nenhum circuito ou mesmo volta completa onde fossem

recolhidos apenas contentores do tipo C5, pelo que se optou por focar a análise nas variáveis de equipamento, apesar de se ter monitorizado um circuito, neste caso de recolha de vidro.

Apresentando agora as monitorizações realizadas pelos equipamentos em análise, isto é, por tipo de contentor e viatura (Tabela III-19), verifica-se que foram monitorizados nove tipos de contentores diferentes em circuito completo (excluem-se os C5 e C9, que surgem inseridos em circuitos de recolha de outros tipos de contentores e que totalizam os onze tipos de contentores em estudo) e os sete tipos de viaturas de recolha (excluem-se os dois tipos de viaturas de lavagem, que totalizam os nove tipos em análise).

Tabela III-17. Número de monitorizações por tipo de contentor e viatura

Tipo Contentor	N.º de Monitorizações	Tipo de Viatura	N.º de Monitorizações
C1	18	V1	34
C1,C2	5	V2	4
C3	18	V3	28
C4	14	V4	9
C3,C4,C5	1	V5	23
C6	17	V6	15
C7	10	V7	18
C8	7		
C9	12		
C10	20		
C11	9		

Da análise da tabela resulta também uma distribuição das monitorizações pelos diferentes tipos de contentores, o que não acontece no caso das viaturas, fruto da compatibilidade de alguns tipos de viaturas com diferentes tipos de contentores, ao contrário de outras, compatíveis com apenas um tipo de contentor, tal como se demonstrará nos resultados da proposta de taxonomia.

No que diz respeito à distribuição das monitorizações por valência de recolha selectiva, apresentada na Tabela III-18, foram feitas menos campanhas para o vidro, considerando que esta valência não existe em dois dos sistemas de recolha em análise, nomeadamente no sistema C11V4 (de recolha porta-a-porta com sacos) e sistema colectivo de recolha traseira com contentores de duas rodas (C10V3).

Tabela III-18. Número de monitorizações por fluxo de resíduos

Fluxo de recolha	N.º de monitorizações⁵⁷	Peso % no total
Vidro	30	23%
Papel/Cartão	48,5	37%
Plástico/Metal	51,5	40%

⁵⁷ No caso do papel/cartão e plástico/metal não é um número inteiro por se ter somado uma volta, isto é, “meio circuito” (a segunda era de recolha indiferenciada), num circuito de duas voltas.

Finalmente, a distribuição das monitorizações por turno de recolha é a que se apresenta na Tabela III-19, verificando-se que 59% das monitorizações foram realizadas durante o período nocturno e que alguns sistemas foram monitorizados em ambos os turnos (mesmo sistema, circuitos diferentes).

Tabela III-19. Número de monitorizações de circuitos por turno de recolha (diurno/nocturno)

Sistemas	N.º de monitorizações	Peso % no total
Diurno	53	41%
C0,C3,C4,C5V1	1	1%
C1,C2V5	5	4%
C1V5	12	9%
C3V1	4	3%
C3V6	4	3%
C3V7	6	5%
C4V1	2	2%
C4V7	6	5%
C8V1	1	1%
C9V2	4	3%
C9V3	8	6%
Nocturno	78	59%
C10V3	20	15%
C11V4	9	7%
C1V5	6	5%
C3V1	4	3%
C4V1	6	5%
C6V1	6	5%
C6V6	11	8%
C7V1	9	7%
C8V7	6	5%

III.5.2.6 CAMPANHAS DE MONITORIZAÇÃO DO SERVIÇO DE LAVAGEM

a) *Lavagem de contentores*

De acordo com um dos pressupostos metodológicos definidos (pressuposto VIII do capítulo III.3.1.2), foram também monitorizados os circuitos de lavagem de contentores para os sistemas onde este serviço é realizado.

A Tabela III-22 resume as monitorizações realizadas de circuitos de lavagem de contentores. De acordo com o definido na metodologia de recolha das variáveis operacionais, a análise deste serviço é feita de forma distinta em função dos tipos distintos de operação – a lavagem automática de contentores e a lavagem manual.

Nos circuitos de lavagem manual é comum existir mistura de diferentes tipos de contentores lavados num mesmo circuito, uma vez que este tipo de lavagem, sendo manual, não obriga à compatibilização de meios de lavagem (viaturas) com os tipos de contentores. Isto significa que, por exemplo, um mesmo circuito de lavagem pode lavar contentores de superfície e subterrâneos. O mesmo não acontece na lavagem automática, onde a compatibilidade viatura com o contentor é obrigatória, tal como no serviço

de recolha. É também muito comum a lavagem de contentores das quatro valências de recolha em simultâneo, especialmente quando instalados em conjuntos (no mesmo ponto de recolha).

No que se refere aos equipamentos subterrâneos, a lavagem deve distinguir-se em lavagem exterior, que compreende apenas a lavagem dos cabeçotes e plataformas dos equipamentos, da lavagem interior, que envolve meios completamente diferentes, por obrigar à presença de uma viatura com grua para elevar e retirar o contentor da cuba, para que possam ser lavados, sendo normalmente realizada com uma frequência muito inferior à lavagem exterior.

Tabela III-20. Número de monitorizações realizadas ao serviço de lavagem de contentores por tipo de serviço, tipo de contentor e por município/entidade

Tipo de serviço	N.º de monitorizações	Entidade Gestora (Município)
Lavagem automática contentores	4	
C1	2	HPEM (Sintra)
C9	2	CML (Lisboa)
Lavagem manual exterior contentores	8	
C3, C8	1	EMAC (Cascais)
C8	2	EMAC (Cascais)
C3	2	HPEM (Sintra)
C3, C4, C5	1	HPEM (Sintra)
C3, C4, C5, C6	1	HPEM (Sintra)
C6	1	HPEM (Sintra)
Total Geral	12	

Seguindo a metodologia descrita no capítulo III.3.3, recolheram-se os dados indicados na folha de registo tipo usada nas monitorizações de circuitos de lavagem de contentores, que consta do Anexo AIV, onde se apresentam exemplos de tabelas com os dados recolhidos durante a monitorização de um circuito, depois de trabalhados e passados para formato digital (Microsoft Excel).

Os sistemas C10V3 e C11V4 não foram monitorizados: o primeiro porque se trata de um sistema de recolha porta-a-porta, onde a lavagem dos contentores é da competência dos utentes, o segundo porque se trata de um sistema onde o acondicionamento dos resíduos é feito com sacos, que constitui um consumível, pelo que obviamente não se aplica esta análise.

Também não foram monitorizados dois dos contentores subterrâneos de plataforma, tipo C7 e C2 por se poderem assumir os dados relativos à lavagem dos contentores do tipo C8, que são também contentores subterrâneos de plataforma, variando apenas no tipo de alimentação/mecanismo de abertura da plataforma, que não influencia as variáveis a analisar para esta operação.

No total, foram monitorizados 12 circuitos de lavagem de contentores, 4 dos quais de lavagem automática de contentores (utilizando viaturas cisterna lava-contentores) e os restantes 8 de lavagem manual. A maioria das monitorizações deste serviço foi realizada em Sintra (58%), tal como seria de esperar, considerando que foi o município com um maior número de sistemas estudados e todos correspondiam a sistemas de deposição colectiva (que obrigam à lavagem de contentores). Em média foram monitorizados 2 circuitos por tipo de contentor, considerando os circuitos "mistos", isto é, circuitos em que eram lavados mais que um tipo de contentor no mesmo circuito.

Em relação à recolha dos dados de custo deste serviço, não foi possível obter os consumos de água, detergentes e combustível por tipo de contentor nos circuitos de lavagem mistos (lavagem de mais que um tipo de contentor), sendo apenas possível fazer uma média por contentor, independentemente do seu tipo.

b) *Lavagem de viaturas*

O serviço de lavagem de viaturas também se divide em lavagem manual e mista (que utiliza portais de aspersão de água). A metodologia seguida foi a descrita no capítulo III.3.3, sendo recolhida a informação que se indica na folha de registo tipo utilizada nas monitorizações de lavagem de viaturas, (Anexo AIV)

Na lavagem de viaturas foram realizadas apenas quatro campanhas de monitorização, duas de lavagem automática e duas de lavagem manual, que se resumem na Tabela III-21, por tipo de viatura e por município.

Tabela III-21. Número de monitorizações realizadas ao serviço de lavagem de viaturas

Tipo de serviço e Local	N.º monitorizações
Lavagem mista viaturas	2
<i>HPEM</i>	2
V5, V6, B9	1
V1, V5, B9	1
Lavagem manual viaturas	2
<i>CML</i>	1
V3, V42	1
<i>EMAC</i>	1
V72	1
Total Geral	4

Da análise desta tabela resulta que foram monitorizadas as lavagens de todos os tipos de viaturas de recolha alvo de estudo, excepto a viatura satélite com grade, tipo V2, uma vez que era uma viatura utilizada em Lisboa exclusivamente para a recolha de vidro, e portanto, com uma exigência de lavagem muito pequena e espaçada no tempo, não tendo sido possível incluir no período de monitorizações de Lisboa.

O número de campanhas deste serviço – de lavagem de contentores e de viaturas, tal como previsto, foi muito inferior ao serviço de recolha, considerando que se trata de um serviço “de apoio” cujo levantamento de informação pretendeu essencialmente suportar os dados de custo de exploração. Existiram também dificuldades consideráveis na recolha de informação, que se descrevem no capítulo III.5.2.7..

III.5.2.7 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES NO LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÃO

A monitorização dos circuitos de recolha e campanhas de pesagem de contentores constituíram as campanhas mais difíceis, pela natureza e exigência dos dados e pela disponibilidade de meios humanos e viaturas que obrigou.

Nas campanhas de pesagem de contentores, as dificuldades centraram-se nas taxas de enchimento dos contentores, que na maioria das vezes estavam abaixo dos 75%, obrigando a reagendar as mesmas ou mesmo solicitar à entidade gestora a alteração dos dias de recolha em alguns pontos dos circuitos (aumentar o intervalo de recolha em relação ao habitual) de forma a encontrar contentores cheios, aptos a serem pesados.

Também o enorme número de registos necessários dificultou esta fase: o número de pesagens realizadas em cada combinação tipo de contentor e fluxo de recolha dependeu dos resultados da análise estatística que foi sendo feita ao longo das campanhas de pesagem, cruzando esta fase com a

fase de tratamento de dados, que tornou este trabalho bastante mais oneroso em termos de recursos humanos e equipamentos do que o inicialmente previsto.

As dificuldades na recolha de dados durante a monitorização dos circuitos de recolha, centraram-se essencialmente nas alterações a que o plano de monitorizações foi sujeito, geradas por avarias de viaturas, greves, condições atmosféricas adversas e períodos de férias. Os circuitos “mistos”, isto é, os circuitos de duas voltas em que uma era destinada à recolha selectiva e a outra à recolha indiferenciada na mesma zona de serviço (tipicamente circuitos de recolha de equipamentos subterrâneos), levaram a que os dados de serviço relativos ao circuito completo (tempos não produtivos, por exemplo) não pudessem ser considerados, uma vez que diziam respeito à globalidade do circuito, onde se inclui a recolha indiferenciada que não foi um fluxo considerado para o caso de estudo. Nos circuitos monitorizados em que existia troca de viatura a meio do circuito (por avaria) ou situações externas ao serviço (e.g. chuva intensa, cortes de trânsito) foram registadas como observações para posterior análise, obrigando a estimativas ou mesmo à repetição do circuito, por alterarem os dados que se obteriam em situação de “normal funcionamento”.

Foi também difícil cumprir com as monitorizações previstas para os circuitos de lavagem de contentores, uma vez que a programação deste serviço pelas entidades gestoras nem sempre é fixa, dependendo da disponibilidade de meios e sendo alvo de alguma sazonalidade. No que se refere aos equipamentos subterrâneos, a maioria das operações compreendia apenas a lavagem exterior, que inclui a lavagem dos cabecotes e plataformas à superfície. A lavagem interior, completa, que envolve meios completamente diferentes por obrigar à presença de uma viatura com grua para elevar e retirar o contentor da cuba, é realizada com uma frequência muito inferior à lavagem exterior, chegando a ser apenas semestral, dificultando o seu agendamento.

Ainda em relação à lavagem, nos circuitos de lavagem manual é comum existir mistura de diferentes tipos de contentores lavados num mesmo circuito, uma vez que este tipo de lavagem não obriga à compatibilização de meios com os tipos de contentor, tendo-se verificado que um mesmo circuito de lavagem pode lavar contentores de superfície e subterrâneos e das quatro valências de recolha em simultâneo, especialmente quando instalados em conjuntos. Esta situação dificultou o registo dos dados previstos e o posterior tratamento dos mesmos. O mesmo não aconteceu na lavagem automática, onde a compatibilidade viatura com o contentor é obrigatória.

Também como já foi referido, a recolha dos dados de cobertura relativos a parte dos Indicadores de Serviço foi muito exigente, por não estarem disponíveis, obrigando a um trabalho em *software* de informação geográfica muito oneroso em termos de tempo, que provou ser incompatível com a duração prevista para o levantamento de dados. A metodologia de levantamento de dados foi simplificada, adaptando-se à informação geo-referenciada em cada município, nomeadamente sobre o número de habitantes servidos por circuito e a área servida pelos mesmos circuitos.

No que diz respeito aos dados de gabinete, a maior dificuldade residiu na dispersão da informação pelos diferentes departamentos/divisões em cada entidade gestora.

A recolha dos dados financeiros associados aos custos de investimento e de exploração prolongou-se durante mais tempo, muito após conclusão das monitorizações no terreno, tendo-se revelado particularmente difícil para os custos de exploração, e em particular para os de manutenção de contentores. Esta dificuldade resulta das entidades gestoras não disporem de contabilidade analítica, estando os custos de exploração associados a centros de custo globais. A ausência de informação suficiente para a adopção de estimativas fiáveis, levou a lacunas consideráveis na informação final obtida, que condicionou a metodologia inicialmente definida.

Estas dificuldades foram transversais nos três Municípios, com menor relevância em Casais no que diz respeito a dados financeiros de manutenção de viaturas, onde existem registos, apesar de nem sempre utilizáveis ou fáceis de trabalhar, por se referirem a dados globais.

III.5.3 ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Considerando a enorme quantidade de dados recolhidos durante as campanhas e de operações que se teriam que aplicar para os tratar e cruzar, nomeadamente os dados das pesagens e das capacidades dos diferentes tipos de contentores, dos tempos de recolha, os dados de tempos e distâncias das diferentes fases operacionais e dos diversos sistemas registados durante as monitorizações de circuitos, do número de contentores e pontos de recolha, quantidades recolhidas, entre outros, optou-se por utilizar a ferramenta de gestão de bases de dados do Microsoft Office, o Access, que se revelou essencial em toda a fase de análise e tratamento de dados.

De facto, a criação de uma base de dados única permitiu a centralização e gestão dos milhares de registos realizados durante as campanhas de monitorização, a criação de consultas, aplicação de filtros e de cálculos aritméticos e estatísticos, envolvendo e cruzando os diferentes dados provenientes de amostras de grande dimensão e diversidade, cujo erro humano associado ao tratamento e manipulação seria sempre superior se não se recorresse a uma ferramenta deste tipo.

O Access foi assim utilizado quer nos postos de trabalho disponibilizados pelas das entidades gestoras, nomeadamente na recolha ou validação de alguns dos dados obtidos por estimativa (na ausência de registos), cruzando com o histórico disponível nas bases de dados das entidades gestoras, nomeadamente sobre dados recolhidos de forma sistemática em cada circuito, como as toneladas das descargas, quilometragem, consumos de gasóleo e outros, quando disponíveis. Este *software* foi também utilizado posteriormente, no portátil da autora, durante o tratamento de dados e também para o cálculo dos indicadores, automatizando cálculos que obrigavam a operações matemáticas que cruzaram diferentes tabelas de dados, utilizando uma chave comum.

Numa primeira fase, os dados originais foram alvo de tratamento estatístico (médias, medianas, percentis, entre outros), resultando em dados analisados, prontos a serem utilizados para o cálculo dos indicadores. A recolha e análise de dados decorreram quase em simultâneo, pela necessidade inerente à validação de metodologias de recolha de dados de campo e definição iterativa da dimensão das amostras, antecipando assim o início do tratamento de dados em relação ao indicado no cronograma da candidatura.

Considerando que os indicadores de equipamento podiam ser analisados de forma individual e constituem dados que pretendem caracterizar os diferentes equipamentos do caso de estudo, optou-se por começar por trabalhar os dados relativos a estes indicadores, com vista à publicação de um artigo dedicado aos indicadores operacionais de equipamento definidos com base nas variáveis que constam da Tabela III-3 e também a três indicadores operacionais de serviço chave para o dimensionamento e planeamento do serviço de recolha: o tempo de recolha unitário, o peso específico em contentor e a dimensão da equipa de recolha. Destes, o maior esforço na análise e tratamento de dados foi aplicado no tratamento dos dados necessários ao cálculo do peso específico em contentor, nomeadamente do peso máximo do contentor cheio, tara e capacidade líquida do contentor. Também a análise dos dados dos tempos de recolha foi exigente pela quantidade de registos, e finalmente a análise dos dados relativos à monitorização de circuitos, necessários ao cálculo dos indicadores operacionais de serviço, para cada sistema do caso de estudo. Finalmente, os últimos dados analisados foram os dados financeiros, quer de equipamento quer de serviço, onde a questão principal no tratamento de dados não se prendia com a quantidade de informação a analisar mas sim com a sua

validação e adopção de pressupostos e estimativas. São estas fases de análise e tratamento de dados que se irão descrever a seguir.

III.5.3.1 PESO BRUTO, TARA, PESO LÍQUIDO E CAPACIDADE LÍQUIDA

Do número de combinações possíveis entre os 11 tipos de contentores, subdivididos nos quatro “sub-tipos” do C1 e C10, e os 3 fluxos de resíduos resultaria o número de amostras a analisar. Depois das primeiras pesagens do contentor do tipo C8, verificou-se que a plataforma assumia diferentes acabamentos – em calçada ou borracha, que iria influenciar o valor da tara, distinto para os dois acabamentos uma vez que a calçada é mais pesada que a borracha. Assim, foi necessário considerar mais 2 “sub-tipos” para a análise deste dado, resultando em 18 tipos de contentores. Considerando que nem todos os contentores são utilizados na recolha do vidro, nomeadamente os tipos C10 e C11, o número de amostras resulta de 13 tipos de contentores para os 3 fluxos de resíduos e 5 tipos para 2 fluxos de resíduos, num total de 49 amostras.

O primeiro passo foi organizar os dados de pesagens (de contentores cheios e vazios – taras) registados nas folhas de campo, em papel, numa tabela única, em formato digital, tendo utilizado o Microsoft Excel. Esta tabela foi criada para ser facilmente exportável para o Access, sendo composta pelos seguintes campos ou colunas:

- Coluna chave “TIPO C”, com a identificação do tipo de contentor, utilizando as referências C1 a C11, indicadas na Tabela V-4. Esta seria a chave primária da tabela;
- Coluna “VALENCIA”, com a identificação do fluxo de resíduo correspondente ao registo;
- Coluna “TX ENCH”, com a indicação da taxa de enchimento, em percentagem, do contentor, no momento da pesagem;
- Coluna “PESO BRUTO”, com indicação do valor da pesagem, em kg, do contentor cheio;
- Coluna “PESO VAZIO”, com indicação do valor da pesagem, em kg, do contentor vazio (Tara);
- Coluna “ZONA”, com indicação do tipo de zona de acordo com três tipos: zona 1 - urbana; zona 2 - rural; zona 3 - comércio/restauração;
- Coluna “OBSERV”, com as observações registadas no campo;
- Coluna “DATA”, com a data em que foi feito o registo;
- Coluna “MEDIDO POR”, identificando o autor do registo.

Depois de exportar para Access aplicou-se uma série de filtros que eliminaram erros de escrita ou campos em branco, garantindo que todos os registos estavam correctos, de forma a obter uma tabela final com os dados das pesagens. Esta tabela, com 935 registos, era constituída por 752 registos de pesagens de contentores cheios de resíduos- 200 registados em Lisboa, 66 em Cascais e 494 em Sintra, e 183 de contentores vazios (Taras).

A partir desta tabela criou-se uma tabela com as médias das taras (filtro: “TX ENCH = 0”) , isto é, dos campos “PESO VAZIO”, com todas as combinações TIPO C e VALENCIA, que se apresenta na Tabela III-22.

Tabela III-22: Valores das médias das taras para todas as combinações de tipos de contentores e fluxo de resíduo (tabela “TARAS” da base de dados em Access).

TIPO C	NOME	VALENCIA	Média_TARA TipoVal
C1.1	RL1000	Papel/Cartao	49
C1.1	RL1000	Plastico/Metal	49
C1.1	RL1000	Vidro	50,5

Tabela III-24: Valores das médias das taras (continuação)

TIPO C	NOME	VALENCIA	Média_TARA TipoVal
C1.2	RL2400	Papel/Cartao	125
C1.2	RL2400	Plastico/Metal	123
C1.2	RL2400	Vidro	123
C1.3	RL3200M	Papel/Cartao	221,5
C1.3	RL3200M	Plastico/Metal	218
C1.3	RL3200M	Vidro	219,3
C1.4	RL3200P	Papel/Cartao	157
C1.4	RL3200P	Plastico/Metal	151
C1.4	RL3200P	Vidro	148
C2	SUBPLAT_RL	Papel/Cartao	222
C2	SUBPLAT_RL	Plastico/Metal	126,3
C2	SUBPLAT_RL	Vidro	126,3
C3'	CYCLEA	Papel/Cartao	148
C3'	CYCLEA	Plastico/Metal	141
C3'	CYCLEA	Vidro	139
C3	CYCLEA_OTTO	Papel/Cartao	142,2
C3	CYCLEA_OTTO	Plastico/Metal	139,5
C3	CYCLEA_OTTO	Vidro	143,2
C4	MOLOK	Papel/Cartao	66
C4	MOLOK	Plastico/Metal	67,2
C4	MOLOK	Vidro	57,8
C5	SUBT_AS_B	Papel/Cartao	481,7
C5	SUBT_AS_B	Plastico/Metal	482,3
C5	SUBT_AS_B	Vidro	512,5
C5'	SUBT_AS_C	Papel/Cartao	898,2
C5'	SUBT_AS_C	Plastico/Metal	905
C5'	SUBT_AS_C	Vidro	875,7
C6	SUBT_KIN	Papel/Cartao	762,5
C6	SUBT_KIN	Plastico/Metal	754,4
C6	SUBT_KIN	Vidro	743,6
C7	SUBPLAT_HID	Papel/Cartao	240
C7	SUBPLAT_HID	Plastico/Metal	258
C7	SUBPLAT_HID	Vidro	232
C8	SUBPLAT_GAS	Papel/Cartao	179
C8	SUBPLAT_GAS	Plastico/Metal	179
C8	SUBPLAT_GAS	Vidro	145
C9	RT1100	Papel/Cartao	65
C9	RT1100	Plastico/Metal	64,3
C9	RT1100	Vidro	64,3
C10.1	RT90	Papel/Cartao	9,1
C10.1	RT90	Plastico/Metal	8,5
C10.2	RT120	Papel/Cartao	10,7
C10.2	RT120	Plastico/Metal	10,7
C10.3	RT240	Papel/Cartao	12,7
C10.3	RT240	Plastico/Metal	12,2
C10.4	RT360	Papel/Cartao	15,6
C10.4	RT360	Plastico/Metal	18,2
C11	Saco30	Papel/Cartao	0
C11	Saco30	Plastico/Metal	0

De referir que os registos das taras foram medidos para correcção/validação dos dados indicados pelos fornecedores dos equipamentos, tendo-se registado bastantes discrepâncias entre o valor do fornecedor e o resultante das medições. De facto, para comprovar a necessidade desta validação, na fase inicial do tratamento dos primeiros dados de taras recolhidos, utilizou-se o *software* de estatística “STATISTICA 64” e aplicou-se um teste que avaliou a hipótese das Taras indicadas pelos Fornecedores estarem correctas, tendo esta hipótese sido rejeitada em alguns tipos de contentores, de acordo com os resultados que se apresentam no Anexo AV.1.

Finalmente, para se obter o valor do peso líquido, aplicou-se um “Query” na tabela dos Pesos, que multiplicou as taxas de enchimento de cada registo pelo valor de peso bruto registado e subtraía a Tara ao resultado. Para tornar o resultado mais fiável, optou-se por subtrair o valor da média da Tara indicado na Tabela III-22 nas linhas onde o campo “TARA” estava em branco (*i.e.* quando no dia do registo, não se tinha registado a tara e se tinha pesado apenas o contentor cheio), usando o valor da Tara especificamente registado para aquele contentor naquele dia (mesma linha da tabela) na subtracção em todos os casos em que o mesmo tinha sido registado. Deste query resultou a tabela do “Peso Líquido Cheio”, isto é, dos valores que se iriam utilizar para calcular o peso específico em contentor, para todas as combinações do tipo de contentor e fluxo de resíduo.

Criou-se também uma tabela para a capacidade líquida, com os valores estimados a partir da metodologia já descrita no capítulo III.3.3. De referir que neste caso os contentores tipo C5 não tiveram que ser distinguidos, ao contrário dos contentores do tipo C3, onde se registaram dois tipos de geometrias (que se distinguiram pelo campo “NOME”), adoptadas por dois fornecedores diferentes, que poderiam influenciar a capacidade útil, apesar da capacidade bruta indicada ser a mesma. O resultado apresenta-se na Tabela III-23.

Tabela III-23: Capacidades líquidas assumidas, por tipo de contentor e fluxo de resíduo (Tabela “Cap Líquida” da Base de Dados Access)

TIPO C	NOME	VALENCIA	CAP BRUTA (m3)	CAP UTIL (m3)	PRESSUPOSTOS
C1	RL1000	Papel/Cartao	1	1	Cap bruta = Cap útil
C1	RL1000	Plastico/Metal	1	1	Cap bruta = Cap útil
C1	RL1000	Vidro	1	1	Cap bruta = Cap útil
C1	RL2400	Papel/Cartao	2,4	2,14	Estimado
C1	RL2400	Plastico/Metal	2,4	2,14	Estimado
C1	RL2400	Vidro	2,4	2,14	Estimado
C1	RL3200M	Papel/Cartao	3,2	2,73	Estimado
C1	RL3200M	Plastico/Metal	3,2	2,73	Estimado
C1	RL3200M	Vidro	3,2	2,73	Estimado
C1	RL3200P	Papel/Cartao	3,2	2,55	Estimado
C1	RL3200P	Plastico/Metal	3,2	2,55	Estimado
C1	RL3200P	Vidro	3,2	2,55	Estimado
C2	SUBPLAT_RL	Papel/Cartao	4	4	Cap bruta = Cap útil
C2	SUBPLAT_RL	Plastico/Metal	4	4	Cap bruta = Cap útil
C2	SUBPLAT_RL	Vidro	4	4	Cap bruta = Cap útil
C3	CYCLEA	Papel/Cartao	2,5	2,13	Email Sopinal 07/12/2010, Cap útil = 2,1. Estimado = 2,13 (confirma valor do fornecedor)
C3	CYCLEA	Plastico/Metal	2,5	2,13	Email Sopinal 07/12/2010, Cap útil = 2,1. Estimado = 2,13 (confirma valor do fornecedor)

Tabela III-25 : Capacidades líquidas assumidas, por tipo de contentor e fluxo de resíduo (cont.)

TIPO C	NOME	VALENCIA	CAP BRUTA (m3)	CAP UTIL (m3)	PRESSUPOSTOS
C3	CYCLEA	Vidro	2,5	2,13	Email Sopinal 07/12/2010, Cap útil = 2,1. Estimado = 2,13 (confirma valor do fornecedor)
C3	CYCLEA_OTTO	Papel/Cartao	2,5	2,05	Ficha técnica Otto = 1,8; Estimado = 2,05 (rejeita valor do fornecedor)
C3	CYCLEA_OTTO	Plastico/Metal	2,5	2,05	Ficha técnica Otto = 1,8; Estimado = 2,05 (rejeita valor do fornecedor)
C3	CYCLEA_OTTO	Vidro	2,5	2,05	Ficha técnica Otto = 1,8; Estimado = 2,05 (rejeita valor do fornecedor)
C4	MOLOK	Papel/Cartao	5	5	Cap bruta = Cap útil
C4	MOLOK	Plastico/Metal	5	5	Cap bruta = Cap útil
C4	MOLOK	Vidro	3	3	Cap bruta = Cap útil
C5	SUBT_AS_C	Papel/Cartao	3	3	Cap bruta = Cap útil
C5	SUBT_AS_C	Plastico/Metal	3	3	Cap bruta = Cap útil
C5	SUBT_AS_C	Vidro	3	3	Cap bruta = Cap útil
C6	SUBT_KIN	Papel/Cartao	5	5	Cap bruta = Cap útil
C6	SUBT_KIN	Plastico/Metal	5	5	Cap bruta = Cap útil
C6	SUBT_KIN	Vidro	3	3	Cap bruta = Cap útil
C7	SUBPLAT_HID	Papel/Cartao	5	5	Cap bruta = Cap útil
C7	SUBPLAT_HID	Plastico/Metal	5	5	Cap bruta = Cap útil
C7	SUBPLAT_HID	Vidro	5	5	Cap bruta = Cap útil
C8	SUBPLAT_GAS	Papel/Cartao	5	5	Cap bruta = Cap útil
C8	SUBPLAT_GAS	Plastico/Metal	5	5	Cap bruta = Cap útil
C8	SUBPLAT_GAS	Vidro	3	3	Cap bruta = Cap útil
C9	RT1100	Papel/Cartao	1,1	1,1	Cap bruta = Cap útil
C9	RT1100	Plastico/Metal	1,1	1,1	Cap bruta = Cap útil
C9	RT1100	Vidro	1,1	1,1	Cap bruta = Cap útil

Mas antes de calcular os pesos específicos em contentor, foi necessário analisar o campo das observações associadas a cada pesagem, onde se registaram situações que poderiam condicionar o resultado para o peso líquido dos resíduos em contentor. Assim, e apesar dos dias em que realizaram as pesagens de contentores e dos pontos selecionados terem seguido a metodologia definida, evitando-se dias de chuva e contentores com contaminantes, no tratamento de dados fez-se o cruzamento dos valores mais afastados da média com o campo das observações. Este cruzamento entre eventuais “outliers” e os registos do campo de observações levou à eliminação do seguinte tipo de registos:

- Registos de contentores com água/lixiviados no fundo;
- Registos onde os resíduos poderia ter muita humidade, no caso do fluxo de papel/cartão, isto é, quando no campo das observações se encontrava referência à ocorrência de chuva nos dias anteriores;
- Pesagens de contentores com contaminantes: apesar da regra ser não realizar pesagens de contentores quando se verificava a existência de contaminantes, na prática, a contaminação

era geralmente identificada depois da pesagem, quando o contentor era descarregado, sendo neste caso o registo eliminado (quando a contaminação era óbvia), ou, em caso de dúvida, mantido e registada como observação a hipótese da contaminação influenciar os resultados.

- Pesagens de contentores com taxas de enchimento inferiores a 75%: também no que respeita às taxas de enchimento, nem sempre foi possível pesar contentores com a sua capacidade a 100%, registando-se a taxa de enchimento respectiva no campo das observações, para depois de analisar se estes registos ofereciam a segurança necessária à extrapolação para o peso correspondente a uma taxa de enchimento de 100%.

No final desta análise, passou-se assim de um total de 752 registos de pesagens, para uma tabela com 608 registos de “Peso Total Máximo”. De ressaltar no entanto que os “outliers” que não tivessem nenhum registo no campo das observações que justificasse a sua exclusão foram mantidos, uma vez que estes registos são o resultado da heterogeneidade esperada nos RU, em particular nos fluxos de papel/cartão e plástico/metall. Concretizando com exemplos, valores muito elevados de pesos no fluxo de papel/cartão onde no campo de observações constava “livros e revistas” ou demasiado baixos onde no campo de observações constavam observações do tipo “essencialmente caixas de cartão, McDonalds”, foram mantidos na amostra, uma vez que traduzem situações reais. De facto, esta análise pretendeu apenas eliminar erros humanos de registo ou condições de funcionamento anormais, como a acumulação de lixiviados ou água da chuva, considerando que os contentores previnem, em teoria, o contacto dos resíduos com a água, ou de uma quantidade de contaminantes elevada, facilmente identificada numa observação visual do conteúdo do contentor.

Considerando o esforço humano, financeiro e de tempo associado à recolha de dados de pesagens nos equipamentos de maiores capacidades, nomeadamente:

- (i) Cada pesagem envolve uma equipa constituída pelo bolseiro, por um motorista e um cantoneiro e a disponibilidade de uma viatura grua e dinamómetro;
- (ii) O elevado número de amostras a recolher.

O cálculo do tamanho da amostra seria decisivo, uma vez que se teria que enquadrar os resultados da análise estatística das amostras de dados que se iam recolhendo, com a viabilidade operacional, financeira e cronológica do aumento da dimensão da amostra, definindo prioridades à medida que foram surgindo os primeiros resultados. De facto, ao se realizar uma análise dos dados logo após a sua recolha, existe a possibilidade de esclarecer dúvidas e ultrapassar dificuldades que tenham surgido no terreno, assim como introduzir alterações na metodologia adoptada, permitindo a redefinição da dimensão das amostras para cada dado em função dos resultados obtidos na campanha, de forma iterativa, em função da sua variabilidade e erro associado ao resultado que se pretende obter.

Foi assim feito um primeiro esforço de aplicar um método de cálculo estatístico do tamanho da amostra, para analisar, de forma simples e iterativa, a necessidade ou não de ampliar a amostra com mais pesagens após cada campanha, assim como definir prioridades à medida que foram surgindo os primeiros resultados. Esta análise é exemplificada no Anexo AV.2.

É importante referir que este método partia do pressuposto que as amostras seguiam a distribuição normal. Foi assim realizado um teste à normalidade, o Teste “*Shapiro – Wilks*”, utilizando o *software* “STATISTICA 64”, tendo-se verificado que, das 35 amostras com informação suficiente para ser aplicado este teste à data desta análise, 8 não seguiam a distribuição normal, de acordo com os histogramas que se apresentam no Anexo AV.3, que permitiram concluir que não existia nenhuma amostra de pesagens de vidro que não seguisse a distribuição normal, e que as amostras que não seguiam a distribuição normal eram as dos contentores tipo C10 (duas rodas, de 120 e 240 litros) e C1 (recolha lateral, de 1000 e 2400 litros).

Apesar desta análise ter suportado a primeira fase de recolha e tratamento de dados das campanhas de pesagens, rapidamente se concluiu que seiria aconselhável adoptar outro método, também expedito, mas que não dependesse da normalidade das amostras, para ser aplicável em todas as amostras de dados. Assim, adoptou-se como medida da “qualidade” do resultado obtido (média da amostra), o cálculo do desvio padrão, que é uma das mais utilizadas medidas de variação de um grupo de dados. Tem a vantagem de permitir uma interpretação directa da variação do conjunto de dados, pois o desvio padrão é expresso na mesma unidade que a variável e não depende da normalidade das amostras. Assim, definindo como dimensão mínima da amostra cinco registos e aplicando o cálculo do coeficiente de variação da amostra⁵⁸, que resulta do quociente entre o desvio padrão e a média, em percentagem, foi possível decidir sobre a necessidade ou não de obter mais registos de cada amostra assim como ordenar prioridades.

Esta metodologia é exemplificada na Tabela III-24, relativa a uma das fases de recolha de dados, onde as amostras com $N < 5$ estão assinaladas a azul, que foi a dimensão mínima inicialmente estabelecida. Depois de garantida a dimensão mínima da amostra, as prioridades foram definidas de acordo com o coeficiente de variância.

Finalmente, aplicou-se um “Query” no Access que cruzou a tabela do “Peso Líquido Cheio” com a tabela “Capacidade Líquida”, aplicando este quociente para todas as combinações do tipo de contentor e fluxo de resíduo, que se apresenta no capítulo dedicado aos Resultados. O tratamento estatístico foi realizado utilizando a média aritmética, o desvio padrão e o desvio padrão relativo, utilizando o Microsoft Excel.

A pesquisa bibliográfica sobre métodos de pesagens e caracterização de RU e heterogeneidade dos RU, permitiu concluir que a análise estatística das amostras reflectia a heterogeneidade inerente às mesmas, dada pelos elevados valores para os desvios padrão obtidos, que resultaria da heterogeneidade dos fluxos de RU, factores sociais e características específicas do local onde os contentores pesados estão localizados. De facto, de acordo com (Gy, 1995) a heterogeneidade ocorre quando as unidades não são estritamente idênticas umas às outras num mesmo lote. Para reduzir a heterogeneidade, seria necessário aumentar o tamanho da amostra, que não é pragmático considerando que o número de pesagens necessárias para reduzir a incerteza não seria executável porque iria requerer centenas de registos (Gy, 1995). Considerando os meios e tempo disponível e objectivo do estudo, optou-se por garantir a dimensão mínima da amostra inicialmente definida e assim dar por concluídas as campanhas de pesagens, que nesta altura tinham já excedido largamente o previsto em cronograma.

⁵⁸ Coeficiente de variação de Pearson é uma medida de dispersão relativa e representa o desvio-padrão expresso como percentagem da média. Como duas distribuições podem ter médias/valores médios diferentes, o desvio-padrão dessas duas distribuições não é comparável. A solução é usar o coeficiente de variação, que é igual ao desvio-padrão dividido pela média. Ao se determinar o coeficiente de variação é possível saber de que forma o desvio padrão está para a média.

Tabela III-24: Cálculo do desvio padrão das amostras para suportar a determinação da dimensão da amostra (exemplo)

Varição da amostra (%)*	NOME (Tipo de Contentor)	Fluxo de resíduo	Média	Dimensão da Amostra (N)	Desvio Padrão
60%	120L	PAPELÃO	8,7	28	5,2
52%	RT1100PEAD	PAPELÃO	40,6	12	21,2
51%	Saco 30L	PAPELÃO	2,3	22	1,2
48%	CYCLEA OTTO	PAPELÃO	79,6	10	38,6
48%	RL1000PEAD	EMBALÃO	29,9	8	14,4
48%	RL2400PEAD	PAPELÃO	78,0	4	37,6
45%	SUBTAINER OTTO	PAPELÃO	137,8	5	62,5
42%	CITYTAINER	PAPELÃO	193,4	5	82,2
42%	SUBTAINER OTTO	EMBALÃO	42,4	5	18,0
41%	CITYTAINER	EMBALÃO	211,0	5	87,1
41%	240L	PAPELÃO	17,2	13	7,1
39%	90L	PAPELÃO	6,2	5	2,4
38%	SUBTAINER OTTO	VIDRÃO	569,2	6	215,1
35%	CYCLEA	PAPELÃO	94,9	17	33,4
33%	TICINO	PAPELÃO	118,4	17	39,6
33%	120L	EMBALÃO	4,6	8	1,5
31%	Saco 30L	EMBALÃO	1,2	26	0,4
29%	TICINO	EMBALÃO	109,6	11	31,5
24%	RL1000PEAD	PAPELÃO	39,7	6	9,6
24%	RL3200Metal	PAPELÃO	83,7	14	20,1
23%	SOTKON	PAPELÃO	97,4	7	22,0
21%	SOTKON	VIDRÃO	641,8	6	134,8
21%	360L	EMBALÃO	11,8	6	2,5
21%	MOLOK	PAPELÃO	169,6	12	35,1
20%	RT1100PEAD	EMBALÃO	37,0	11	7,4
20%	CYCLEA	EMBALÃO	41,4	20	8,2
19%	360L	PAPELÃO	29,3	7	5,5
18%	MOLOK	EMBALÃO	92,0	19	16,5
18%	90L	EMBALÃO	3,8	9	0,7
16%	CYCLEA OTTO	EMBALÃO	52,3	3	8,3
15%	240L	EMBALÃO	7,9	7	1,2
15%	RL1000PEAD	VIDRÃO	306,0	5	44,7
13%	CITYTAINER	VIDRÃO	1421,8	4	186,6
12%	RT1100PEAD	VIDRÃO	222,2	5	26,5
10%	RL3200Metal	EMBALÃO	63,0	7	6,2
8%	TICINO	VIDRÃO	628,5	2	53,0
8%	RL2400PEAD	EMBALÃO	57,0	5	4,8
8%	CYCLEA	VIDRÃO	410,0	6	33,4
5%	MOLOK	VIDRÃO	856,0	5	44,2
3%	CYCLEA OTTO	VIDRÃO	520,4	5	16,5

III.5.3.3 TEMPO DE RECOLHA

Também o tempo de recolha obrigou a uma exaustiva análise e tratamento de dados. De facto, o tempo de recolha foi o dado monitorizado com maior número de registos. Dos 11512 registos realizados, sobraram 9553 depois de filtrar os registos com erro como, por exemplo, registos realizados mas que acabaram por não ser válidos, por corresponderem a contentores vazios ou contentores que acabaram por não ser recolhidos (a viatura parou mas não recolheu). Na Tabela III-25 indica-se o número de registos de tempos de recolha por município.

Tabela III-25: Número de registos de tempos de recolha por município

Município	N.º registos	N.º de registos após análise de erros de registo
Sintra	3474	3144
Cascais	846	590
Lisboa	7192	5819
TOTAL	11512	9553

Estes 9553 registos foram exportados do Microsoft Excel para uma tabela do Access denominada “TEMPOS” para facilitar a sua análise, em particular da informação constante no campo das observações, onde foram registados os vários tipos de situações anómalas ou específicas da operação de recolha, que poderiam condicionar o tempo de recolha e que tinham sido previamente identificadas.

Todos os registos com observações, num total de 1138, foram assim classificados num dos cinco grupos abaixo indicados, para permitir uma análise do efeito de cada um, separadamente, nos tempos de recolha de cada sistema.

- i. Resíduos no chão: existência de resíduos fora dos contentores, no chão, que são recolhidos manualmente pelos cantoneiros;
- ii. Compactação: realização do ciclo de compactação da viatura; este factor é tanto mais determinante quanto mais cheia está a cuba, isto é, quando mais próximo estamos do final da volta ou frete;
- iii. Puxadas: as “puxadas” são operações de recolha em que a viatura fica parada (geralmente no início de uma rua estreita, de acesso difícil ou sem saída), e os contentores ou sacos são recolhidos pelos cantoneiros e levados ou “puxados” para a viatura, para serem despejados; as “puxadas” são muito frequentes em sistemas porta-a-porta, considerando a portabilidade dos contentores de duas rodas e sacos (leves), e por se utilizarem mais frequentemente em ruas de acesso difícil, como foi o caso do circuito do sistema porta-a-porta monitorizado em Lisboa, em Alfama;
- iv. Acesso da grua: dificuldade da operação de recolha provocada pelas más condições de acesso e/ou manuseamento da grua, quer devido à existência de cabos aéreos, quer pela maior distância ao equipamento a recolher (muito frequente quando existem carros estacionados de forma irregular em frente ao equipamento), quer pela pendente acentuada da rua;
- v. Outros: nesta classe caíram todos os outros registos de observações que dificultaram a recolha mas que são menos frequentes ou típicos. Por exemplo, resíduos que ficam presos no contentor (muito frequente no cartão), a tampa do contentor que não abre, contentores que ficam presos no elevador, descontaminação manual realizada pelo cantoneiro antes da recolha, contentores com água da chuva, registos que correspondiam a tempos de recolha de caixas (no sistema porta-a-porta são por vezes recolhidas caixas de cartão colocadas na rua pelos comerciantes), entre outros.

Para avaliar o efeito da “compactação” (ou acondicionamento de carga nos sistemas de caixa aberta) e das “puxadas” (no caso da recolha de sacos), em separado, criou-se uma consulta no Access que eliminou da tabela original todos os registos com observações acima indicados excepto as compactações e acondicionamentos de carga, num total de 1105 registos, criando a tabela “Tempos Original Limpos com CO” e uma segunda consulta, que criou uma tabela que eliminou todos os registos com observações acima indicados excepto as puxadas, num total de 1162 registos, criando a tabela “Tempos Original Limpos com P”.

Da comparação dos valores médios e desvio padrão da média dos tempos de recolha das tabelas “Tempos Original Limpos com CO” e “Tempos Original Limpos”, que se apresenta na Tabela III-26 concluiu-se que a compactação/acondicionamento da carga influencia o resultado da média do tempo de recolha unitário nos sistemas destacados a bold, com muito maior expressão nos sistemas de caixa aberta, V1, resultante do acondicionamento da carga com a grua.

Tabela III-26: Análise da influência da compactação nos tempos de recolha

Sistema	Média	DesvP	N	DesvP/Média	Diferença na Média	Diferença %	N.ºRegistos CO	Peso % no N
C1V5	0,85	0,36	1936	43%	0,030	3%	34	2%
C2V5	2,03	0,34	11	17%	0,000	0%	0	0%
C3V1	2,47	1,13	260	46%	0,318	13%	33	13%
C3V6	2,64	0,85	172	32%	0,000	0%	0	0%
C3V7	1,72	0,39	362	23%	0,000	0%	0	0%
C4V1	4,52	1,16	47	26%	0,145	3%	3	6%
C4V6	4,35	0,81	6	19%	0,000	0%	0	0%
C4V7	5,36	0,70	156	13%	0,074	1%	6	4%
C5V1	6,18	1,54	10	25%	0,420	7%	2	20%
C6V1	3,72	0,87	62	23%	0,151	4%	5	8%
C6V6	3,51	0,71	89	20%	0,000	0%	0	0%
C7V1	6,08	1,89	65	31%	0,270	4%	5	8%
C8V1	4,97	0,83	14	17%	0,000	0%	0	0%
C8V7	4,63	0,87	57	19%	0,000	0%	0	0%
C9V2	1,38	0,44	155	32%	0,000	0%	0	0%
C9V3	0,81	0,27	680	33%	0,002	0%	3	0%
C10V3	0,32	0,14	4111	44%	0,002	1%	27	1%
C11V4	0,18	0,16	221	94%	0,003	2%	19	9%

Da comparação dos valores médios e desvio padrão da média dos tempos de recolha das tabelas “Tempos Original Limpos com P” e “Tempos Original Limpos”, que se apresenta na Tabela III-29, concluiu-se que, como esperado, as puxadas ocorrem nos sistemas porta-a-porta, tendo influência no sistema C11V4 (com sacos), com um peso de 9% no total de registos, e altera a média em 0,04 minutos decimais, que é bastante (20%). Nos restantes dois sistemas onde existem também puxadas (especialmente no sistema com duas rodas, C10V3) este efeito não é significativo.

Tabela III-27: Análise da influência das puxadas nos tempos de recolha

Sistema	Média	DesvP	N	DesvP/Média	Diferença na Média	Diferença %	N.ºRegistos P	Peso % no N
C1V5	0,82	0,21	1902	26%	0,000	0%	0	0%
C2V5	2,03	0,34	11	17%	0,000	0%	0	0%
C3V1	2,16	0,61	227	28%	0,000	0%	0	0%
C3V6	2,64	0,85	172	32%	0,000	0%	0	0%
C3V7	1,72	0,39	362	23%	0,000	0%	0	0%
C4V1	4,37	1,02	44	23%	0,000	0%	0	0%
C4V6	4,35	0,81	6	19%	0,000	0%	0	0%
C4V7	5,29	0,59	150	11%	0,000	0%	0	0%
C5V1	5,76	1,42	8	25%	0,000	0%	0	0%
C6V1	3,57	0,71	57	20%	0,000	0%	0	0%
C6V6	3,51	0,71	89	20%	0,000	0%	0	0%
C7V1	5,81	1,54	60	27%	0,000	0%	0	0%
C8V1	4,97	0,83	14	17%	0,000	0%	0	0%
C8V7	4,63	0,87	57	19%	0,000	0%	0	0%
C9V2	1,38	0,44	155	32%	0,000	0%	0	0%
C9V3	0,81	0,26	683	32%	0,001	0%	6	1%
C10V3	0,32	0,15	4147	46%	0,003	1%	63	2%
C11V4	0,22	0,24	222	113%	0,042	20%	20	9%

Para isolar estas variáveis, optou-se por eliminar os registos com compactação ou acondicionamento da carga e com puxadas, ressalvando-se que esta opção resulta de se pretender comparar sistemas e portanto querer eliminar factores que possam ter importância em termos relativos, apesar de, em termos absolutos e globais de monitorização de circuitos, possam ter importância e portanto poder ser mais “correcto” manter os mesmos registos, de forma a tornar a análise mais próxima da realidade. De facto, no caso particular das “puxadas”, considerando que a necessidade de realizar puxadas é exterior ao sistema (características das vias de acesso) resulta clara a necessidade de excluir este factor.

Do tratamento e análise dos valores e campos de observações concluiu-se ainda que os registos de recolha de caixas, influenciavam muito os tempos de recolha do sistema C11, de sacos, onde este tipo de observações é frequente, que foram assim também excluídos.

Outro factor que obviamente influencia o tempo de recolha é o número de contentores recolhidos. Este foi um dado que foi registado apenas para os sistemas de superfície, onde é frequente a recolha de mais que um contentor por ponto de recolha, o que não acontece nos sistemas subterrâneos.

Assim, os 1838 registos de recolhas de mais que um contentor por ponto, foram filtrados da tabela principal de tempos classificados em função do número de contentores recolhidos para análise em separado, uma vez que o indicador pretendido era o tempo de recolha unitário (tempo de recolha de um recipiente). Depois de analisar as duas tabelas em separado, isto é, a tabela com tempo de recolha de um contentor e a tabela com tempos de recolha de mais do que um contentor por ponto, concluiu-se que o mais correcto uma análise conjunta, obtendo-se o tempo unitário pela divisão do tempo de recolha total, por ponto, pelo número de contentores recolhidos. Assim, criou-se uma tabela única de tempos de recolha unitários, tornando assim os valores comparáveis entre todos os sistemas, de forma mais justa.

De facto, no caso dos sistemas em que é normal recolher mais do que um contentor - sistemas C9, C10 e C11, a exclusão destes registos seria incorrecto, por estar a introduzir um factor que não

corresponde à realidade. Apesar disto, manteve-se a exclusão dos registos em que foram recolhidas quantidades exageradamente grandes de contentores, através da análise dos histogramas de ocorrências do número de registos para cada número total de contentores recolhidos, excluindo os de menor frequência.

Para determinar a proporção da variação do tempo de recolha em função número do contentor, aplicou-se uma análise de regressão linear para os sistemas C9V2, C9V3, C10V3 e C11V4, que se irá detalhar no capítulo V.

No final, depois da análise e tratamento dos dados dos tempos de recolha, removendo os erros, *outliers*, e registos com observações que influenciavam os tempos de recolha, resultou uma tabela com 8037 registos “limpos”, que se distribuem, por tipo de sistema, de acordo com o indicado na Tabela III-28.

Tabela III-28: Número de registos de tempos de recolha por sistema (tabela final, após tratamento de dados)

Sistema	Dimensão da Amostra (N)
C1V5	1856
C2V5	11
C3V1	224
C3V6	172
C3V7	361
C4V1	43
C4V6	5
C4V7	150
C5V1	9
C6V1	55
C6V6	89
C7V1	53
C8V1	14
C8V7	57
C9V2	152
C9V3	653
C10V3	3945
C11V4	188
Número total de registos "limpos"	8037

Da análise desta tabela, é evidente a variabilidade da dimensão da amostra entre os diferentes sistemas, que resulta essencialmente das diferenças inerentes a cada um, isto é, do número de pontos recolhidos por circuito em cada sistema, que é naturalmente muito maior nos sistemas de recolha de contentores de menores capacidades com viaturas pesadas (C10V3) e menor nos sistemas de recolha de contentores subterrâneos, de maiores capacidades.

Para resumir e analisar os dados recolhidos e medir a variabilidade estatística (heterogeneidade), os resultados foram apresentados acompanhados por uma análise estatística descritiva, incluindo média, desvio padrão, erro padrão da média e o desvio padrão relativo. Todos os cálculos foram realizados utilizando *software* Microsoft Excel.

III.5.3.4 DADOS PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES DE SERVIÇO (CIRCUITOS)

A recolha e posterior tratamento dos dados para os Indicadores operacionais de Serviço - relativos aos circuitos de recolha e indexados ao factor de produção (quantidade ou volume recolhido – número de contentores recolhidos), partiu da divisão dos circuitos de recolha nas suas diferentes operações, tal como foi definido no capítulo III.3.3, e resumido na Tabela III-29.

Tabela III-29. Tratamento de dados - Indicadores operacionais de serviço (circuito)

Fases dos Circuitos de Recolha	Definição e dados analisados por sistema de recolha
De e para Parque (t_1+t_2)	Somatório do tempo/distância entre o parque de viaturas e o primeiro ponto de recolha e o último ponto de recolha e o parque de viaturas.
Recolha Efectivo (T_{re})	Tempo e distância entre o primeiro ponto de recolha e o último (para cada volta).
Transporte (T_t)	Somatório do tempo/distância entre o último ponto de recolha e a Estação de Tratamento e regresso ao primeiro ponto da segunda volta (quando aplicável)
Deposição (T_d)	Tempo/distância na Estação de Tratamento e Tempo de descarga dos resíduos (da cuba)
Não Produtivo (T_{np})	Somatório dos tempos não produtivos: registos (inicial e final), pausas, abastecimento.

Os dados recolhidos durante as campanhas de monitorização de circuitos referem-se a intervalos de tempo e distâncias percorridas para cada fase do circuito, que foram analisados em separado, por fase, cruzando com os dados de execução operacional, nomeadamente com a quantidade recolhida e o número de pontos servidos, que permitiu fazer uma análise efectiva do desempenho dos circuitos e sistemas, com valores de indicadores comparáveis. Concretizando, ao cruzar os dados analisados, por operação, com a quantidade recolhida no circuito (em peso ou volume) ou com o número de pontos e de contentores recolhidos, foi possível chegar a Indicadores úteis para estabelecer algumas comparações entre circuitos e sistemas de recolha.

Por outro lado, ao excluir as fases que resultam de questões geográficas da zona a servir pelo circuito e localização das instalações (Parque de Viaturas e Estação de Tratamento) ou os tempos não produtivos (dependem de questões de planeamento específicas da entidade gestora e não do sistema de recolha), focando a análise nos tempos e distâncias de recolha efectivos, foi possível fazer uma comparação entre sistemas de recolha isolando a maioria dos factores externos aos mesmos, sempre que se registem diferenças claras nos resultados obtidos.

O tratamento e análise dos dados indicados na Tabela III-29 que alimentam os Indicadores de serviço levaram a uma redefinição de parte dos indicadores para *benchmarking* inicialmente adoptados: os indicadores foram definidos para a fase de recolha efectiva, isto é, utilizando exclusivamente os dados de tempo e distância relativos a esta fase, por se considerar que apenas estes poderiam ser utilizados na comparação entre sistemas.

Os dados relativos às restantes fases ou operações do serviço de recolha permitem aferir o peso relativo que cada fase tem no total do circuito e contextualizar os resultados obtidos para os indicadores, nomeadamente para os indicadores de custo.

De facto, uma das análises aplicadas no tratamento de dados foi fazer uma análise dos resultados das diferentes fases operacionais dos circuitos, quer em termos de distâncias quer em termos de tempo, em termos absolutos e relativos, através dos pesos percentuais de cada fase no total do circuito, discriminando nesta análise, naturalmente, os circuitos de uma e de duas voltas, o que permitiu tirar algumas conclusões na comparação de sistemas.

Na prática, o primeiro passo foi organizar todos os registos levantados nos 130 circuitos monitorizados numa base de dados única, no Microsoft Excel, com os seguintes campos (colunas):

- Tipo: produtivo/não produtivo
- Operação: identificação da fase operacional do circuito (e.g. parque, de/para parque, recolha efectivo, transporte);
- Fases circuito: discriminação da fase (distinção de fases em circuitos de uma ou duas voltas);
- Siglas: abreviaturas das fases de circuito, para facilitar a análise e tratamento de dados e representação gráfica ou em tabela;
- hh:mm: intervalo de tempo, em horas e minutos;
- min dec: intervalo de tempo, em minutos decimais;
- km: distância percorrida;
- Circuito: número/referência de identificação do circuito utilizada pela Entidade Gestora;
- Valência: identificação do fluxo de resíduo recolhido;
- Data: data da monitorização, em dd/mm/aaaa;
- Local: identificação da entidade gestora/município onde foi realizada a monitorização;
- Turno: indicação da hora de início do turno;
- Sistema: indicação do sistema monitorização (de acordo com as referências indicadas na Tabela III-13.;
- Subsistema: para discriminar os “sub-sistemas” C10V3 (moradias e prédios);
- Quantidade: registo da quantidade recolhida por volta, em quilogramas;
- np: registo do número de pontos recolhidos na volta e circuito;
- Nc: registo do número de contentores recolhidos na volta e circuito;
- Observações: campo de anomalias ou outras observações que pudessem influenciar os dados registados nas fichas de campo..

Cada linha de registo tinha todas as colunas preenchidas de forma permitir a aplicação de filtros à informação pretendida mantendo sempre a identificação do sistema, data, turno, entre outros, em questão. No Anexo AV.4 exemplifica-se a estrutura e conteúdos desta tabela com dois circuitos filtrados à base de dados, um de uma volta e outro de duas voltas.

Esta organização dos dados permitiu realizar médias por sistema de recolha e cruzar os resultados obtidos, sendo assim possível chegar aos indicadores definidos. Exemplificando, com a média da quantidade recolhida por circuito em cada tipo de sistema e da distância de recolha efectiva, foi possível obter o indicador da *quantidade recolhida em peso por tempo de recolha efectivo*. Para obter o mesmo indicador para a quantidade recolhida em volume, basta multiplicar o número de contentores recolhidos (Nc) pela capacidade útil determinada para aquele tipo de contentor. De referir que neste indicador se pretende avaliar o desempenho operacional do sistema independentemente, isto é, o volume potencial recolhido por minuto de recolha efectiva, independentemente das taxas de enchimento registadas.

De sublinhar que esta fase permitiu validar a eficácia ou utilidade dos indicadores inicialmente previstos e a definição de novos indicadores, sempre que se verificou necessário pela análise dos resultados. Importa assim referir que a metodologia de definição de indicadores de serviço dos circuitos de recolha descrita no capítulo III.3.5, foi complementada de forma decisiva por esta fase de tratamento de dados, que permitiu chegar à definição da versão final dos indicadores que iriam constituir o modelo de *benchmarking* proposto e que se apresenta no capítulo IV, dedicado aos Resultados.

III.5.3.5 DADOS PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES FINANCEIROS

Os primeiros dados analisados foram os de custo de investimento de recipientes e viaturas, cuja análise obrigou a um especial cuidado com as fontes utilizadas, constituídas essencialmente por documentos fornecidos pelos municípios com os custos de aquisição, como adjudicações e/ou propostas dos fornecedores vencedores dos concursos mais recentes, lançados pelos municípios e empresas municipais para a aquisição dos contentores e viaturas do caso de estudo.

Assim, para além da identificação e registo de todas as características técnicas que identificam os equipamentos (e.g. fornecedor, modelo, referência, capacidade, sistema), foi sempre registado o tipo, data e referência do documento que serviu de fonte de informação, de forma a contextualizar o valor de aquisição (e.g. data, quantidade) e permitir a aferição dos valores a uma mesma base, para serem comparáveis.

Os passos seguintes, nomeadamente de actualização do custo ao ano zero e amortização do investimento seguiram a metodologia e os valores indicados no modelo de custos descrito no capítulo III.3.4. O ano base ou de referência definido para o modelo de custos foi o ano de 2011, por ser o último ano de recolha de informação no terreno. A passagem de preços correntes a preços constantes foi realizada utilizando as taxas de variação do Índice de Preços no Consumidor - IPC⁵⁹ (Média anual), que resultou da consulta do *site* do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2013), que permitiu a actualização de um valor entre o ano de aquisição do equipamento e 2011.

Para a amortização, optou-se por usar o valor indicado no “Guia para análises custo-benefício dos projectos co-financiados pela EU”, onde a Comissão Europeia recomenda a utilização de uma taxa de desconto de 4% em termos reais, como o parâmetro de referência para o custo de oportunidade real do capital a longo prazo (EU, 2014). No documento homólogo, para o período anterior, de 2007-2013, o valor indicado foi de 5% (EU, 2008), que foi o valor assumido no presente estudo, considerando que o ano base é 2011.

Considerando que alguns equipamentos eram antigos e que os valores resultantes da actualização de preços poderiam não corresponder à realidade, optou-se por realizar consultas ao mercado, solicitando aos fornecedores que indicassem o preço de custo médio aplicado nesse ano, ou considerassem uma encomenda típica de um município para aquele equipamento, de forma a validar a ordem de grandeza dos valores obtidos. Nem todos os fornecedores responderam, no entanto, os valores recolhidos para os contentores foram suficientes para validar a metodologia adotada, verificando-se que nuns casos o valor obtido era superior e noutros inferior, mas sempre na mesma ordem de grandeza. Para as viaturas a dificuldade na validação é superior, uma vez que cada viatura é uma encomenda particular, com diferentes componentes e equipamentos que podem variar para o mesmo tipo, no entanto, depois de consultada a Resitul e Vecofabril, foi também possível validar a ordem de grandeza adoptada.

Nas tabelas AVII.1 e AVII.3 do Anexo AVII apresentam-se os dados base de custo de aquisição, os factores de actualização aplicados e os resultados para a actualização de preços de cada equipamento. Apresentam-se também os tempos de vida útil e resultados da aplicação do método de amortização descrito no capítulo III.3.4.

⁵⁹ Analisou-se a hipótese de utilizar o INCI - Instituto da Construção e do Imobiliário, em vez do IPC, no entanto verificou-se que o mesmo era inadequado para a actualização de preços destes equipamentos, uma vez que se trata de um bem (são equipamentos), e não de serviços; não foi possível fazer uma aproximação a nenhuma das obras listadas nos Despachos a que se refere o Decreto-Lei n.º 6/2004, de 6 de Janeiro de 2004, que estabelece o regime de revisão de preços das empreitadas de obras públicas e de obras particulares e de aquisição de bens e serviços.

Para os custos de exploração seguiu-se também o modelo de cálculo e pressupostos já descritos no capítulo III.3.4. No caso dos custos com recursos humanos, tendo-se verificado uma diferença considerável nos custos obtidos nas duas categorias para os três municípios analisados, que resultam de se tratarem de entidades gestoras com características diferentes e políticas de remuneração também diferentes. Assim, enquanto a CML segue o modelo de gestão directa do serviço, com meios próprios, aplicando assim a política de remunerações da função pública e a duração sete horas de trabalho para os turnos, no caso de Sintra a gestão do serviço é feita por uma empresa municipal, com gestão autónoma da Câmara Municipal, a HPEM; pelo que apenas parte dos recursos humanos (os funcionários públicos que foram transferidos da Câmara) estão sujeitos às regras de remuneração da função pública, estando os restantes funcionários, com contrato de trabalho, regulados pelo regime geral, apesar de sujeitos ao Acordo de Empresa acordado com o STAL – Sindicato de Trabalhadores da Função Pública. Neste caso, os turnos de trabalho são de sete horas na zona com meios próprios (35 horas semanais) e de oito horas na zona onde o serviço é realizado por prestação de serviços pela SUMA. No caso da EMAC, apesar de também ser uma empresa municipal criada pelo Município de Cascais, já não está sujeita ao regime da função pública, uma vez que a totalidade dos funcionários são contratados e realizam turnos de oito horas de trabalho (40 horas semanais).

Considerando este contexto no tratamento de dados, foi assim necessário somar todas as parcelas de custo e convertê-las em custo hora, para depois poder estimar o custo por equipa para os três tipos de equipa de recolha utilizados nos sistemas de recolha monitorizados. Estes valores resultaram da média dos valores obtidos para cada categoria nos três municípios, de forma a não prejudicar/favorecer nenhum dos sistemas em análise, considerando que o objectivo central do trabalho foi a comparação dos sistemas e não o apuramento de custos, em absoluto.

Considerando ainda o peso que o custo dos recursos humanos tem no custo total da operação de recolha, os valores obtidos foram cruzados com dados bibliográficos de estudos nacionais (que se desenvolve no capítulo V), de forma a consolidar as parcelas de custo a incluir na análise e validar a sua ordem de grandeza. Os resultados do tratamento de dados resumem-se nas tabelas do Anexo AVII.5.

Nos custos com combustível, de referir apenas que o tratamento de dados foi diferente para as viaturas nos três municípios, uma vez que as fontes e organização/disponibilização da informação foi também diferente. Assim, em Sintra foi possível aceder à base de dados de gestão dos consumos e registo de quilometragem no momento de abastecimento, por viatura, permitindo se trabalhassem os dados na fonte, aplicando-se a média anual a todos os registos de cada viatura seleccionada para o caso de estudo. Importa abrir um parenteses para referir que a facilidade na obtenção deste dado resultou em grande medida da reorganização a que esta entidade gestor foi obrigada para fornecimento da informação dos consumos organizado por matrícula e circuito à ERSAR, uma vez que este é um dos dados solicitados no âmbito da avaliação anual da qualidade do serviço por parte desta entidade gestora. Para as viaturas do prestador de serviços, os dados de consumo foram fornecidos pela SUMA, que foram validados com os dados existentes na HPEM para a área com prestação de serviços fornecidos no ano anterior no âmbito da auditoria da ERSAR. Em Cascais foi fornecido um ficheiro com o *output* do filtro à base de dados de gestão de frota existente na EMAC com a informação solicitada, isto é, foram fornecidas médias mensais dos consumos aos 100 quilómetros para as viaturas indicadas. Em Lisboa, os dados de consumo de gasóleo registados corresponderam neste caso ao consumo aos 100 km para as viaturas do caso de estudo, para os circuitos monitorizados. De referir ainda que parte das viaturas de Lisboa seleccionadas para o caso de estudo são a gás natural, pelo que o consumo é dado em metros cúbicos de gás consumido por cada 100 quilómetros.

No tratamento de dados aplicou-se a média dos consumos aos 100 km por sistema de recolha (conjunto contentor e viatura), e também uma média por tipo de viatura, independentemente do sistema onde opera. Depois do tratamento de dados e análise crítica dos resultados obtidos, verificou-se que os consumos médio teriam que ser enquadrados com o peso bruto das viaturas, uma vez que o mesmo

tipo pode ser comercializado com diferentes pesos brutos (e diferentes cubicagens), que influenciam, naturalmente, os consumos médios. Os resultados apresentam-se no Anexo AVII.6.

De referir que o valor do preço de venda ao público (PVP) do gasóleo e gás natural comprimido (GNC) no caso de Lisboa, em 2011, assumido foi de 1,19 €/litro para o gasóleo, que foi o valor de custo para 2011 indicado pelo Departamento Financeiro da HPEM, e 0,84 €/m³ GNC que foi o valor indicado pelo Núcleo de Projetos, Divisão de Limpeza Urbana, Departamento de Higiene Urbana da CML e Galpenergia, também para o ano de referência

IV. RESULTADOS. MODELO DE CLASSIFICAÇÃO E BENCHMARKING DE SISTEMAS DE RECOLHA DE RU

IV.1 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA

IV.1.1 SÍNTESE INTRODUTÓRIA

O âmbito desta proposta de classificação parte da definição da operação de recolha, com enfoque nas primeiras fases, desde a manipulação dos resíduos na origem (contentorização) até ao seu carregamento e descarga nos veículos de recolha, deixando o transporte e descarga dos veículos nas centrais de tratamento ou de transferência para um segundo plano por serem operações semelhantes na maioria dos sistemas de recolha.

A classificação abrange todos os sistemas de recolha de RU e equiparados que utilizam viaturas, pelo que não estão abrangidos os sistemas que utilizam condutas pneumáticas (Figura IV-1) e os “sistemas de substituição” de contentores de grandes dimensões, utilizados para a recolha de resíduos comerciais/industriais ou resíduos construção e demolição. Focando-se nos equipamentos utilizados para a operação de recolha, as viaturas de lavagem de contentores também não estão abrangidas⁶⁰.

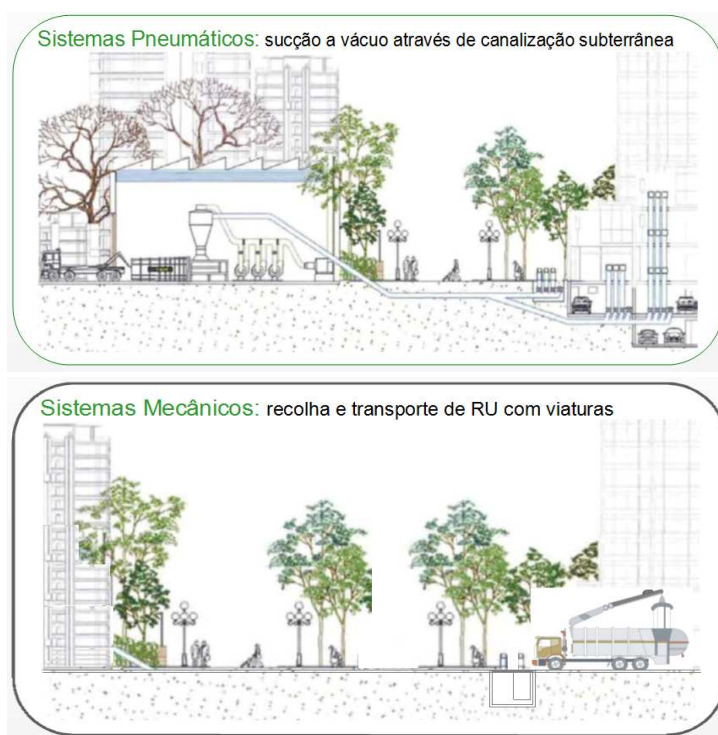


Figura IV-1: Representação esquemática de sistemas que utilizam canalização subterrânea e sistemas que utilizam viaturas de recolha (Rodrigues et al., 2013).

⁶⁰ De ressaltar que existem viaturas mistas, isto é, viaturas com uma caixa de compactação para recolha e com um sistema de lavagem incorporado (tanque e sistema de jactos de limpeza), que possibilita lavar os contentores imediatamente após o seu despejo. Estas viaturas não estão abrangidas na sua componente de lavagem, apesar de poderem ser classificadas no que respeita à tecnologia de recolha.

Trata-se de uma classificação baseada na tecnologia utilizada para o armazenamento temporário e recolha de RU pelas viaturas compatíveis, que determinam o correspondente método de recolha e trabalho humano envolvido. Os sistemas são assim classificados de acordo com três componentes: (i) os recipientes; (ii) o método de recolha e (iii) os veículos, partindo da classificação individual das duas primeiras componentes, e depois da sua compatibilidade.

A estas componentes corresponde uma chave de classificação de fácil aplicação, com características taxonómicas focadas nas funcionalidades técnicas reais e aspectos chave dos equipamentos, de identificação rápida (bastando na maioria das vezes a simples observação visual), dividindo-se em classes e sub-classes até um máximo de cinco níveis, de acordo com os diagramas que se apresentam nos capítulos a seguir.

A aplicação da taxonomia para os contentores e viaturas deve ser feita no sentido descendente dos diagramas, isto é, inicia-se na primeira categoria (primeiro ramo do diagrama) e depois passa à categoria imediatamente abaixo, e assim sucessivamente. Nos ramos “de cima” estão as características mais abrangentes, para que, quando aplicável, a classificação em determinada classe ou sub-classe dispense a utilização de uma categoria do nível inferior, de acordo com o indicado no diagrama.

A classificação dos contentores e viaturas resultou na definição de uma nomenclatura, estando cada categoria taxonómica associada um acrónimo (letras) e uma chave taxonómica (número). Com base nas características de compatibilidade contentor-viatura do diagrama desenvolvido para a classificação do método de recolha, é determinada a chave que identifica o sistema de recolha.

Ressalva-se que a nomenclatura e acrónimos são anglo-saxónicos, desenvolvidos para garantir uma aplicação universal da classificação.

Finalmente, a classificação é composta pela descrição de “equipamentos-tipo” que representam cada chave taxonómica e consequentemente cada “grupo” ou “tipo” de equipamento que se pode encontrar actualmente no mercado. Esta descrição é acompanhada por figuras – fotografias, ilustrações ou desenhos técnicos de exemplos concretos existentes no mercado, que complementam a proposta de taxonomia, ilustrando as diferentes categorias e simultaneamente exemplificando a sua aplicação. As imagens são apresentadas propositadamente a preto e branco, para que as cores (diversas em função do modelo, fornecedor e fluxo de resíduo) não sejam um elemento perturbador na identificação do equipamento.

IV.1.2 CLASSIFICAÇÃO DE RECIPIENTES

IV.1.2.1 CATEGORIAS E DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO

A componente 1. é o recipiente, que é o primeiro nível do ramo da “árvore de classificação” ou diagrama que se apresenta na Figura IV-2. Os aspectos técnicos considerados mais relevantes para identificar os recipientes são a *instalação* (1.1), a *mobilidade* (1.2), a *compactação* (1.3), o *acesso ao contentor* (1.4), e o *sistema de acoplamento* à viatura (1.5), que constituem as cinco características taxonómicas que se definem a seguir e que se dividem em sub-classes.

A *instalação* do recipiente ou contentor define a localização relativa ao nível do solo. Neste caso, os recipientes podem ser de *superfície*, onde 100% da capacidade do recipiente está posicionada ao nível do solo, *semi-subterrâneos*, onde apenas uma parte da capacidade do recipiente está acima do solo, e totalmente *subterrâneos*, onde 100% da capacidade do recipiente está abaixo da cota do solo.

Uma propriedade específica dos contentores de superfície é a *mobilidade*: enquanto os equipamentos subterrâneos e semi-subterrâneos são estáticos, onde é necessário que o veículo os alcance para proceder à recolha de resíduos, os contentores de superfície podem ser transportados para junto do veículo de recolha, podendo também ser relocados no espaço público de forma simples, sem envolver trabalho de construção civil específico. A mobilidade pode assim ser dividida em recipientes *imóveis* e *móveis*, respectivamente, sendo os móveis sub-divididos em recipientes *com* ou *sem rodas*.

Os recipientes podem ter a capacidade de compactar resíduos, pelo que esta foi uma característica taxonómica considerada, apesar de serem poucos os exemplos encontrados no mercado com esta capacidade, dividindo-se assim em *com* e *sem compactação*.

No caso dos contentores semi-subterrâneos e subterrâneos, existe a necessidade de uma função que os torne acessíveis à recolha dos resíduos pela viatura. O *acesso ao contentor* é assim uma categoria taxonómica, que se divide em duas classes: os sistemas *compactos* e os sistemas *de plataforma*.

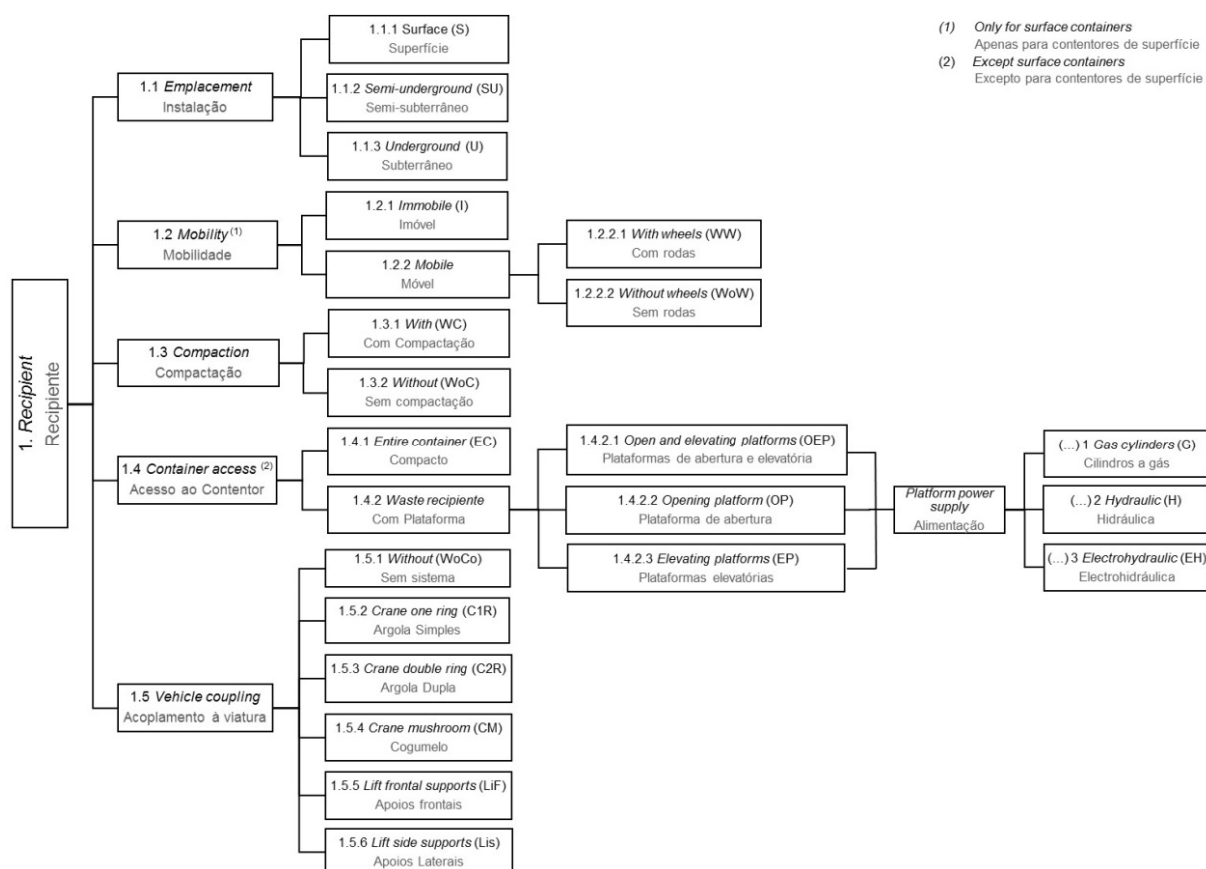


Figura IV-2: Diagrama de classificação de recipientes

De facto, no acesso ao contentor não é obrigatório que todos os elementos que constituem um equipamento subterrâneo - como a plataforma, a coluna de deposição, e o recipiente que acondiciona os resíduos, sejam removidos como uma mesma unidade para posterior descarga dos resíduos na viatura, como é o caso dos recipientes classificados como compactos ou “mono-bloco”. Por vezes apenas o recipiente que acondiciona os resíduos é recolhido pela viatura para ser descarregado, e neste caso o acesso é garantido de três formas possíveis, que definem as sub-classes taxonómicas: i)

através do conjunto de uma *plataforma de abertura*, basculante e de uma *plataforma de elevação*, ii) através de uma *plataforma única de abertura* ou iii) através de *plataformas elevatórias*.

Uma *plataforma de abertura* corresponde à tampa de superfície do equipamento, instalada à cota do pavimento, que cobre a cuba onde o recipiente que armazena os resíduos está inserido e que se abre para dar acesso ao recipiente. Tal como o nome indica, a *plataforma de elevação* eleva o recipiente ao nível da superfície, de onde a viatura o recolhe. Quando não existe uma plataforma de elevação, é o próprio veículo que tem que içar o recipiente do subsolo para ser descarregado. Um recurso adicional para caracterizar as plataformas existentes, que constitui uma sub-classe destas, é a fonte de alimentação das mesmas, que pode ser *elétrica*, *com cilindros a gás*, *hidráulica* e *electro-hidráulica*.

O *sistema de acoplamento* ou engate à viatura de recolha é a característica que é definida pela forma como o recipiente interage com o veículo, para promover a descarga do recipiente. As opções existentes são a ausência de sistema, e os sistemas de anéis, cogumelo e suportes. Na ausência de sistema, o recipiente é descarregado manualmente na viatura. Os anéis e os cogumelos são opções de acoplamento para viaturas com grua, enquanto os suportes estão relacionados com a opção de acoplamento para viaturas com elevadores.

No caso dos sistemas para grua, o acoplamento ou engate com o contentor pode ser feito com uma argola ou “argola simples”, com duas argolas ou “dupla argola” e com um cogumelo ou “duplo-disco” do contentor (Contenur, 2015; OVO Solutions, 2012), de acordo com o ilustrado na Figura IV-3.

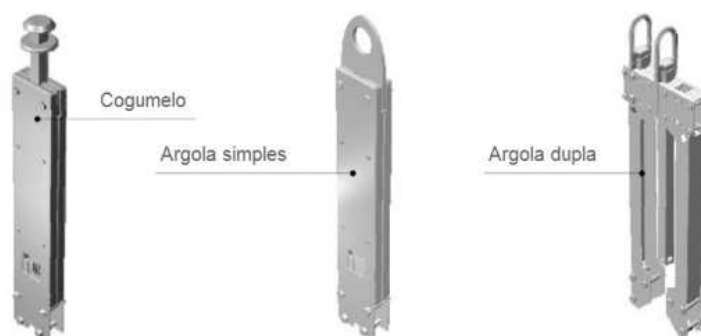


Figura IV-3: Sistemas de acoplamento para grua (OVO Solutions, 2012)

Nos contentores com argola simples, compatíveis com gruas com um gancho único (conhecido como *gancho simples*), a argola está fixa à estrutura de suporte do contentor, que serve não só para elevar o recipiente mas também para acionar a abertura da tampa inferior que é depois automaticamente fechada quando o pedal toca na caixa das viaturas ou solo (denominado por sistema *palpeur*) (OVO Solutions, 2012). A operação com contentores de argola dupla é assegurada por duas hastes deslizantes, estando o braço de elevação equipado com um comando duplo - enquanto uma levanta o recipiente e abre a tampa inferior, a outra ajuda a manter o recipiente na altura desejada (OVO Solutions, 2012) ⁶¹. No engate com cogumelo, também conhecido pela marca *Kinshofer*⁶², o

⁶¹ Ressalva-se que a Engels fornece recipientes subterrâneos que usam este sistema da argola dupla, isto é, o contentor é içado pela argola central, mas onde a abertura dos alçapões de fundo é accionada por outras duas argolas (e não apenas uma, constituindo no seu conjunto três argolas) (Engels, 2014).

⁶² A Kinshofer GmbH é um dos principais fabricantes de acessórios para gruas, sendo conhecida pela unidade de descarga de contentores, para gruas, desenvolvida inicialmente para o engate cogumelo: o sistema de duplo disco ou “Kinshofer mushroom system”. Posteriormente foi desenvolvida uma unidade que também é compatível com os sistemas de argola, que evita que o engate na grua seja feito manualmente.

acoplamento dos recipientes consiste numa meia esfera ou "disco"; o cabo de elevação também está equipado com um duplo comando semelhante à argola dupla, e a operação é assegurada por dois tubos deslizantes um no interior do outro; este sistema exige que as gruas dos veículos de recolha estejam equipadas com o mesmo sistema, que permite uma alta precisão no controle do posicionamento e acoplamento dos contentores, eliminando a necessidade do engate manual do contentor com a ponta da grua (Kinshofer, 2014), sendo assim uma forma de automatização da operação.

Nos sistemas de acoplamento para elevadores, os recipientes apresentam suportes, pegas ou "pivots" embutidos no corpo do recipiente, de acordo com EN 840 (CEN, 2014), que podem ter diferentes denominações, dependendo da zona do contentor onde se encontram (Figura IV-4). No caso dos suportes laterais, os apoios de elevação existem nas laterais do corpo do recipiente, e podem ser compostos por dois pivôs em polietileno de alta densidade (PEAD) (Figura IV-4 (a)), ou por duas asas de metal ou pegas "Ochsner" (Figura IV-4 (b)). Apesar de mais comuns na recolha comercial/industrial nos EUA, os contentores com apoios laterais desenvolvidos especificamente para a recolha com viaturas de carga frontal estão incluídos nesta sub-classe⁶³. No caso dos apoios frontais, ou sistema "ventral", os mesmos são constituídos por um pente frontal integrado na parte superior do corpo do recipiente (Figura IV-4 (c)) (Sulo, 2014; Syscon, 2009; Weber, 2006). Nos sistemas para elevador, o mesmo recipiente pode estar equipado simultaneamente com diferentes suportes, sendo classificado usando as características taxonómicas correspondentes.

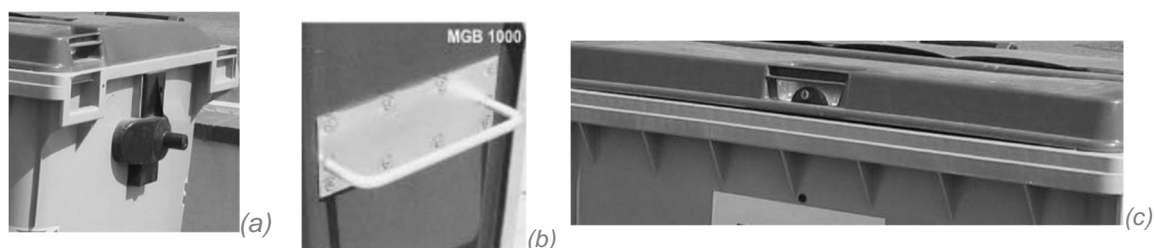


Figura IV-4: Sistemas de acoplamento com apoios: (a) apoios laterais em PEAD (Pivot "DIN") (2010), (b) apoios laterais metálicos (Asa "OSCHNER") (Almoverde Ecologia, 2014), (c) apoios frontais (Pente "VENTRAL").

Esta categoria taxonómica define também a zona de descarga dos contentores: os contentores compatíveis com grua fazem descarga de fundo – com um/dois alçapão (s) ou por abertura do fundo do saco com cabo; enquanto os compatíveis com elevador são contentores de descarga superior, por abertura da tampa e baldeamento (movimento de rotação sobre os apoios laterais).

IV.1.2.2 RECIPIENTES TIPO

Com base na classificação desenvolvida para os recipientes, e para suportar a identificação das classes e sub-classes taxonómicas, é possível identificar dez "recipientes-tipo" que representam cada chave taxonómica e consequentemente cada "grupo" ou "tipo" de recipiente que se pode encontrar

⁶³ Os sistemas de recolha frontal são comuns nos EUA destinados ao fluxo de resíduos comerciais e industriais para a recolha de contentores de grandes capacidades (de 1,5 a 7,65 m³), no entanto, apesar de muito pouco frequente, estes sistemas podem ser utilizados também na recolha de resíduos de origem doméstica com capacidades elevadas (edifícios em altura), utilizando-se nesse caso contentores de capacidades menores, de cerca de 1,5 m³, com apoios laterais compatíveis.

actualmente no mercado, cuja descrição de apresenta a seguir, em conjunto com figuras ilustrativas.

A descrição de cada tipo inicia-se com a apresentação da chave taxonómica e acrónimo da nomenclatura correspondentes.

Os equipamentos-tipo de referência para os recipientes, são os seguintes:

- Tipo 1: Superfície, Móvel Sem rodas, Sem compactação, engate para Elevador;
- Tipo 2: Superfície, Móvel Com rodas, Sem compactação, engate para Elevador;
- Tipo 3: Superfície, Imóvel, Sem compactação, engate para Elevador;
- Tipo 4: Superfície, Imóvel, Sem compactação, engate para Grua;
- Tipo 5: Semi-subterrâneo, Sem compactação, Compacto, engate para Grua;
- Tipo 6: Subterrâneo, Sem compactação, Compacto, engate para Grua;
- Tipo 7: Subterrâneo, Sem compactação, Plataforma de abertura, engate para Grua;
- Tipo 8: Subterrâneo, Sem compactação, Plataformas de abertura e elevatória, engate para Elevador;
- Tipo 9: Subterrâneo, Sem compactação, Plataformas elevatórias, engate para Elevador;
- Tipo 10: Subterrâneo, Sem compactação, Plataformas de abertura e elevatória, engate para viatura de gancho.

Tipo 1

Acrónimo = S,WoW,WoC,WoCo; Chave = 1.1.1,1.2.2.2,1.3.2,1.5.1

Os recipientes do Tipo 1 são vulgarmente utilizados nos sistemas de recolha porta-a-porta, sendo de pequena capacidade, entre 35 e 110 l (Bilitewski, 1997). São caracterizados por sacos feitos de polietileno de baixa densidade (PEBD) geralmente semi-transparentes, ou por recipientes cilíndricos sem rodas, designados por “baldes ou barris de lixo” (“garbage cans” ou “trash barrels”), ou em polietileno de alta densidade (PEAD), geralmente com duas pegas, uma tampa, mas sem rodas ou sistema de engate (ISWA e WGCTT, 2004) (Figura IV-6). Embora menos comuns, também podem ser usados sacos em papel (ISWA e WGCTT, 2004).

Sendo um tipo de recipiente que não têm sistema de acoplamento com a viatura de recolha, todo o esforço na elevação e descarga é feita pelos membros da equipa de recolha, mas enquanto os sacos são depositados na viatura, os baldes que são esvaziados e recolocados no seu lugar inicial, como acontece nos sistemas de recolha estacionários. Uma alternativa que elimina a necessidade de um recipiente específico para resíduos é o uso de sacos de mercearia ou supermercado ordinários, utilizando apenas uma fita plástica colorida, para identificar o fluxo de resíduos. Mais recentemente, os sacos de plástico estão a ser substituídos por sacos biodegradáveis, principalmente para a recolha de resíduos orgânicos.

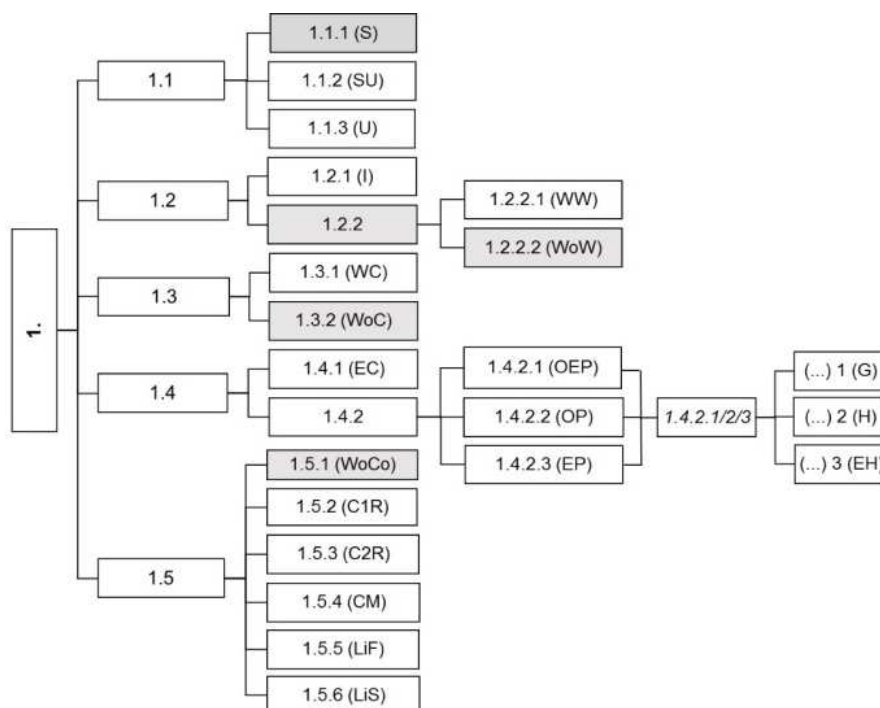


Figura IV-5: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 1 (caixas a sombreado)

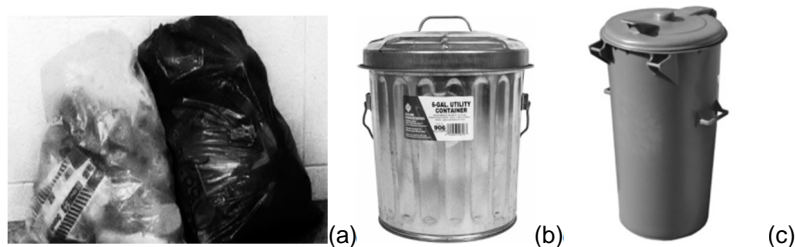


Figura IV-6: Imagens de recipientes do Tipo 1 ((a) CML, 2010,(b) (Enco, 2016) (c) (Sopinal, 2016))

Tipo 2

Acrónimo = S,WW,WoC,LiF+/LiS; Chave = 1.1.1,1.2.2.1,1.3.2,1.5.5/6⁶⁴

O Tipo 2 inclui contentores de resíduos móveis (*Mobile Garbage Cans* - MGB), prismáticos, com duas ou quatro rodas, que inicialmente foram produzidos em aço galvanizado, mas que actualmente são em PEAD, sendo cobertos por uma tampa do mesmo material (Figura IV-8, a)). Nos contentores de quatro rodas, as rodas são rotativas a 360° e duas têm um travão individual (Contenur, 2015; Sulo, 2014). A capacidade genérica destes recipientes varia de 120 a 1100 l (Bilitewski,1997; Kogler, 2007); nos modelos de duas rodas as capacidades podem ser de apenas 60 e ir até aos 360 l e nos de quatro rodas variar entre 660 e 1100 l (Sulo, 2014; Weber, 2006).

⁶⁴ Neste Tipo os recipientes podem ter dois sistemas de engate em simultâneo, nomeadamente os apoios frontais (1.5.5, LiF) e laterais (1.5.6, LiS). Geralmente são os contentores de quatro rodas que têm os dois sistemas, enquanto os contentores de duas rodas, de menores capacidades, têm apenas os apoios frontais (1.5.5, LiF). Os símbolos “+” no acrónimo significam assim “e/ou”.

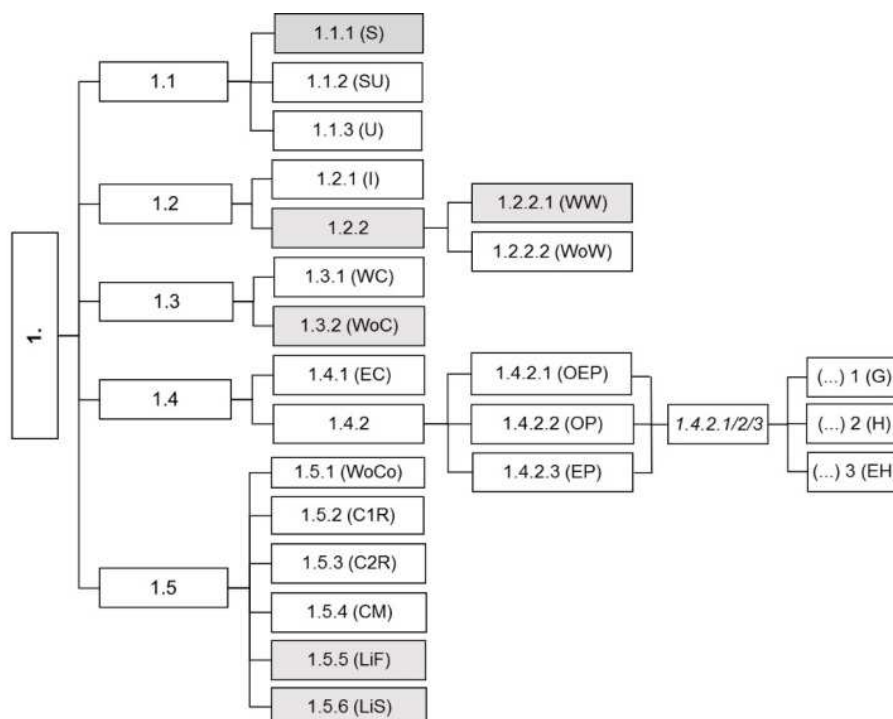


Figura IV-7: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 2 (caixas a sombreado)

Como o sistema de acoplamento se destina a viaturas equipadas com elevador, os recipientes deste tipo têm suportes embutidos no corpo, de acordo com EN 840 (CEN, 2014) onde o elevador engata, que dependendo do local e características têm diferentes denominações, ilustradas na Figura IV-4. Estes recipientes têm tampa plana (com um eixo em aço galvanizado ou parafusos PEAD) ou curva, basculante (Figura IV-8, b)), e podem ser equipados com vários extras, como o sistema de abertura da tampa com pedal (Figura IV-8, b), o sistema direcional nas rodas, e no caso dos contentores para deposição selectiva uma segunda tampa “sobre-tampa”, Figura IV-8, a) ou rasgo na tampa adaptado à deposição do fluxo de resíduos em questão (Figura IV-10, b), e um sistema de fecho gravítico ou de chave universal (Contenur, 2015; Sulo, 2014; Weber, 2006).

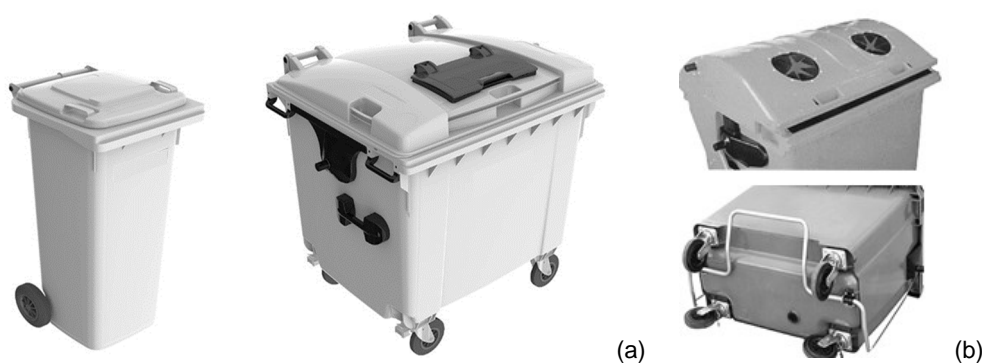


Figura IV-8: Imagens de recipientes do Tipo 2 ((a)adaptado de (Sulo, 2015),(b)adaptado de (Contenur, 2015)

Tipo 3

Acrónimo = S,I,WoC,LiF; Chave = 1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.5

Os recipientes do Tipo 3 são recipientes de superfície, imóveis, desenvolvidos para viaturas com elevadores de carga lateral automatizados, pelo que têm uma mira vertical no centro do corpo (referência visual para o alinhamento do elevador) e quatro rolos de teflon na base do corpo em vez de rodas (Figura IV-10). Estes contentores podem ser em aço ou em PEAD, com as partes metálicas exteriores em aço inoxidável, e a gama de capacidades mais comuns varia entre 1800 a 3200 l (Contenur, 2015; Formato Verde, 2013; Rosroca, 2014c). A tampa de descarga está bloqueada, abrindo apenas durante a operação de descarga na viatura.

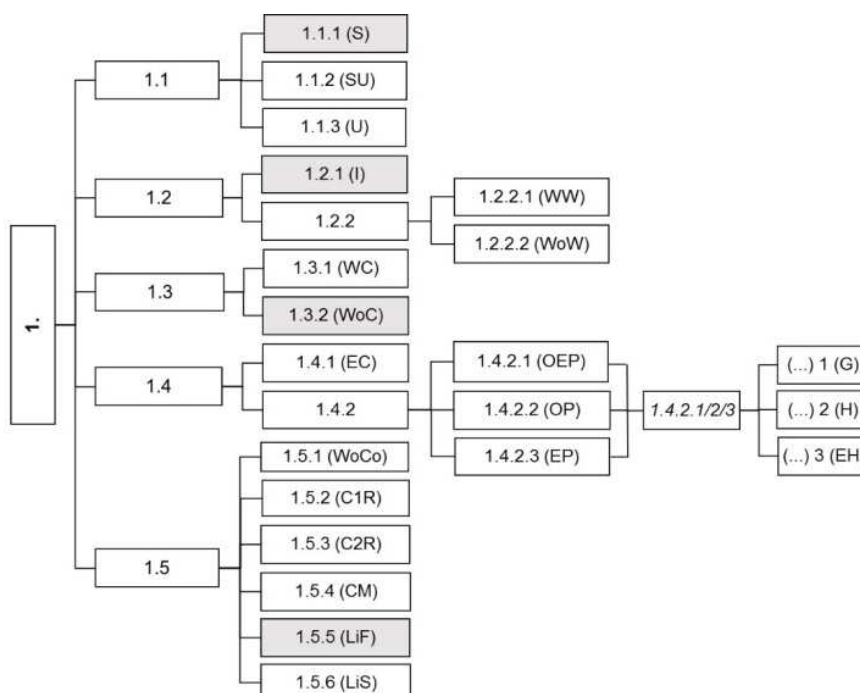


Figura IV-9: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 3 (caixas a sombreado)

Estes recipientes podem ser equipados com uma gama diversa de acessórios, como o pedal em vez da abertura manual da tampa ou alavanca manual, amortecedores, sobre-tampa, faixas reflectoras, e *chip eletrónico*, para citar alguns exemplos (Contenur, 2015; Rosroca, 2014c).

Estes contentores podem ser instalados sobre qualquer superfície com pavimento regularizado, dispensando a construção de cais próprio, uma vez que não têm rodas, tendo apenas que estar alinhados ao eixo da via. No entanto, alguns modelos possuem um “sulco” no fundo que encaixa em baias instaladas no piso, que garantem que o contentor fica exactamente no meso ponto depois da operação de recolha.

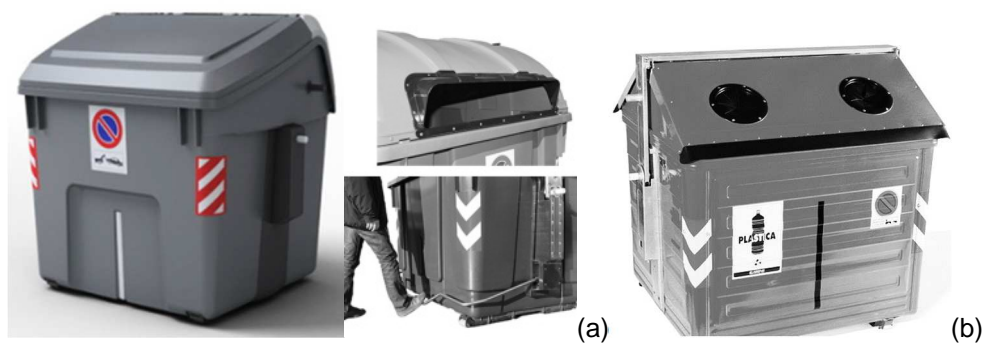


Figura IV-10: Imagens de recipientes do Tipo 3 ((a)adaptado de (Contenur, 2015),(b) (Vetroplast, s.d.))

Tipo 4

Acrónimo = S,I,WoC,C1R/C2R/CM; Chave = 1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.2/.3/.4⁶⁵

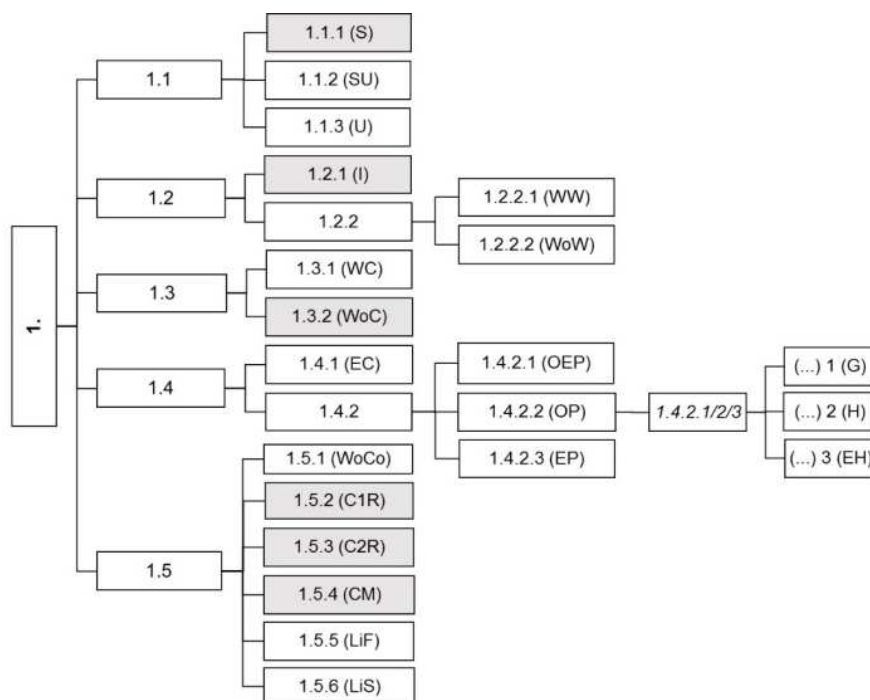


Figura IV-11: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 4 (caixas a sombreado)

No Tipo 4, os recipientes foram projetados especificamente para a recolha seletiva com grua. Estes contentores imóveis de superfície podem assumir as duas geometrias principais existentes no mercado, a geometria iglu⁶⁶ e prismática (Figura IV-12), podendo ser metálicos em aço ou HDPE (Contenur,

⁶⁵ Este grupo de recipientes engloba equipamentos com os três tipos de engates, sendo distinguidos de acordo com a classificação do mesmo, pelo que a "/" significa "ou" (isto significa que na prática a classificação final terá apenas um destes acrónimos ou chaves numéricas).

⁶⁶ Os *Iglu* foram os primeiros a surgir, especificamente desenvolvidos para a recolha seletiva de vidro. Estes contentores eram inicialmente fabricados em plástico reforçado com fibra de vidro (Bilitewski, 1997).

2015). O sistema de descarga de fundo e de elevação é fabricado em aço galvanizado (Contenur, 2015; OVO Solutions, 2012). As bocas de deposição destes recipientes estão localizadas na parte superior do corpo, com diferentes formas específicas para o tipo de resíduos de embalagens a que se destinam (Figura IV-12). A estrutura metálica ou moldura do contentor foi desenvolvida para o sistema de fixação encaixar diretamente à base de metal e tampa(s) inferior(es) (Figura IV-12, c)) utilizando braços de suporte, barras ou forquilha (OVO Solutions, 2012). O acoplamento do veículo é feito através de uma grua, através de uma argola simples, dupla ou um cogumelo (Contenur, 2015; OVO Solutions, 2012; Nord Engineering, 2016). As capacidades brutas mais comuns variam entre 2,5 e 3,2 m³ (Contenur, 2015; OVO Solutions, 2012).



Figura IV-12: Imagens de recipientes do Tipo 4 ((a) (Contenur, 2015), (b) (Nord Engineering, 2016), (c) (OVO Solutions, 2012))

Tipo 5

Acrónimo = SU, WoC, EC, C1R/CM; Chave = 1.1.2, 1.3.2, 1.4.1, 1.5.2/.4⁶⁷

Os recipientes do Tipo 5 são semi-subterrâneos com forma cilíndrica e com engate para grua, habitualmente de argola simples. Os recipientes têm uma gama de capacidades que varia de 0,3 a 5 metros cúbicos, sendo os equipamentos com capacidades de 3 e de 5 metros cúbicos mais comuns para os resíduos domésticos (Molok, 2009). A maior parte do equipamento está enterrado, ficando cerca de 40% do contentor acima do nível do solo (Molok, 2009) revestido com ripas de madeira (Figura IV-14 a)), de plástico ou perfil de alumínio. O corpo é coberto por uma tampa ou cobertura em polietileno (Molok, 2009; Sopsa, 2012), com uma abertura para deposição adaptada ao fluxo de resíduos, acessível por uma tampa pequena (Figura IV-14 a)) (Sopsa, 2012). O recipiente é constituído por duas partes: i) o corpo externo cilíndrico, em PEAD, parcialmente enterrado no solo, e ii) o saco interior em polipropileno, onde os resíduos são efectivamente depositados, que está fixo ao topo do corpo exterior graças a um anel metálico (Figura IV-14 b)).

⁶⁷ Este grupo de recipientes engloba equipamentos com dois tipos de engates, sendo distinguidos de acordo com a classificação do mesmo, pelo que a "/" significa "ou".

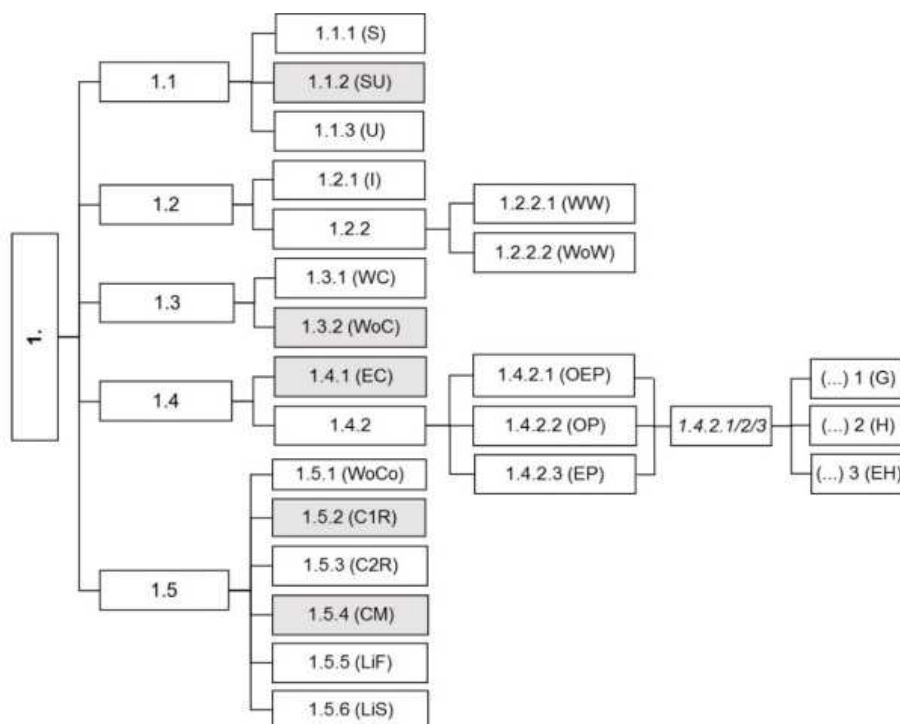


Figura IV-13: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 5 (caixas a sombreado)

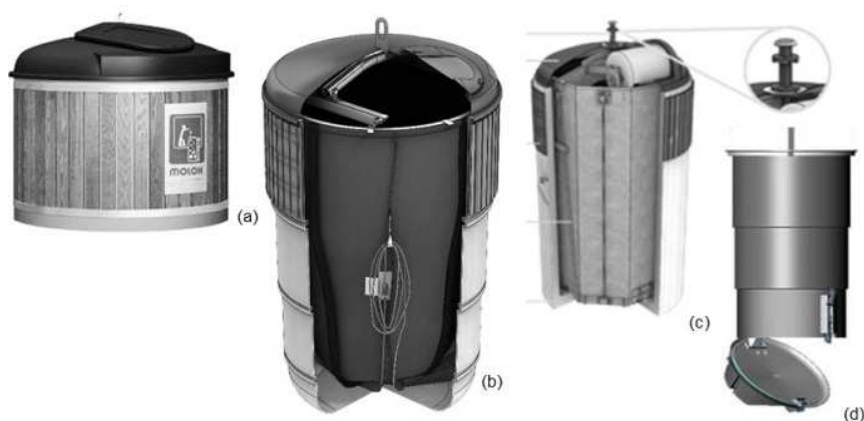


Figura IV-14: Imagens de recipientes do Tipo 5 ((a e d) (Molok, 2009) (b e c) (Sopsa, 2012))

O sistema de elevação, comercialmente designado por “Quicksystem”, permite a classificação deste recipiente como compacto, uma vez que o saco interior de elevação colocado dentro do contentor enterrado é içado pela grua em conjunto com a tampa, no centro da qual está acessível o anel de suspensão do saco para recolha pela grua (Molok, 2009; Sopsa, 2012) ⁶⁸. O fundo do saco é aberto pela acção de um cabo para descarga na viatura, sendo depois fechado e reintroduzido no corpo semi-enterrado. Podem ser utilizados sacos em PEBD descartáveis para aumentar a higiene do equipamento

⁶⁸ No sistema inicialmente desenvolvido, o operador tinha que retirar a tampa para aceder à argola presa ao conjunto de cabos do saco de elevação, que não estava assim acessível directamente à grua. A tampa não era assim içada com o saco, sendo colocada no final, manualmente.

(especialmente na recolha de fluxos com resíduos biodegradáveis).

Existem outras opções no mercado ao sistema “clássico” (do saco em polipropileno com argola simples e cuba em PEAD), que utilizam um recipiente de plástico rígido ou metálico em vez do saco flexível interior, que pode ter o cogumelo como sistema de acoplamento, ou que usam um corpo exterior em monobloco de betão, como opção ao PEAD, podendo a deposição ser feita com tambor rotativo (Figura IV-14 c) e d)) (Molok, 2009; Sopsa, 2012).

Tipo 6

Acrónimo = U, WoC, EC, C1R/C2R/CM; Chave = 1.1.3, 1.3.2, 1.4.1, 1.5.2/.3/.4⁶⁹

O Tipo 6 refere-se a contentores compactos subterrâneos, equipados com anel simples, duplo ou cogumelo para o engate na grua. A plataforma pedonal de superfície em chapa de aço galvanizado está fixa ao contentor, metálico ou em PEAD (Contenur, 2016; OVO Solutions, 2012), instalado no interior de uma cuba pré-fabricada em betão estanque para evitar a penetração de água da chuva e saída de lixiviados (Villiger, 2014). Ao nível da superfície apenas são visíveis a coluna ou marco de deposição e a plataforma (Figura IV-16, c)), que pode ser coberta com o pavimento da envolvente (OVO Solutions, 2012). Estes recipientes são compactos uma vez que a coluna, plataforma e contentor são removidos em conjunto, ficando no interior da cuba apenas a plataforma de segurança (Figura IV-16, a) e b)), que normalmente é elevada com contrapesos activados durante o processo de recolha para evitar quedas no interior da cuba (Figura IV-16, c)) (Equinord, 2009; OVO Solutions, 2012; Villiger, 2014).

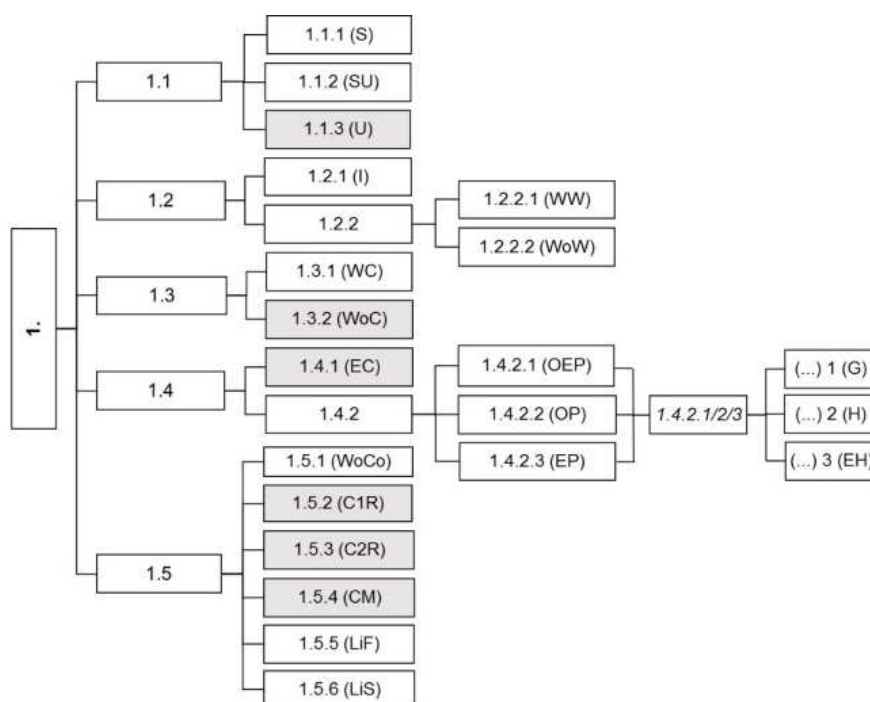


Figura IV-15: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 6 (caixas a sombreado).

⁶⁹ Este grupo de recipientes engloba equipamentos com os três tipos de engates, sendo distinguidos de acordo com a classificação do mesmo, pelo que a “/” significa “ou”.

A deposição é feita directamente através de aberturas específicas, através de uma tampa na coluna (com ou sem pedal) ou utilizando um tambor rotativo, que impede o contacto com o lixo. As colunas, com diferentes geometrias e modelos (Contenur, 2016; Villiger, 2014), podem ter uma porta de serviço ou destinada à deposição de resíduos comerciais na parte de trás, que se abre com uma chave. O contentor é esvaziado por uma ou mais portas de descarga de fundo, que também recolhem os lixiviados (Figura IV-16, b)). A capacidade varia entre 1 a 5 metros cúbicos (Equinord, 2009; OVO Solutions, 2012; Villiger, 2014).

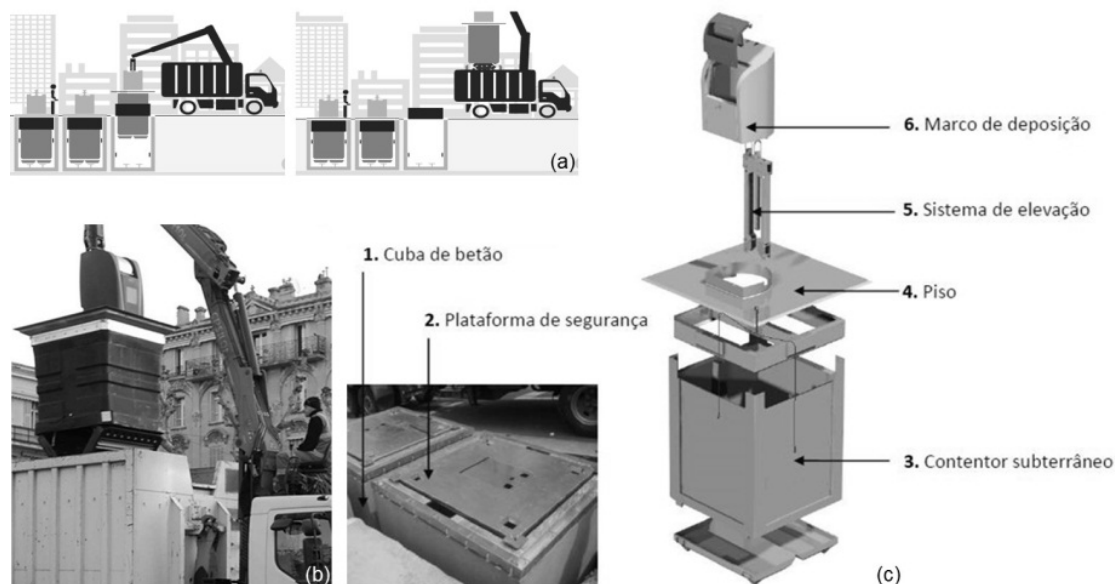


Figura IV-16: Imagens de recipientes do Tipo 6 ((a) (UrbanDNA, 2011), (b) (Contenur, 2016), (c) (OVO Solutions, 2012))

Tipo 7

Acrónimo = U, WoC, OPG/OPH/OPEH,C1R/C2R; Chave = 1.1.3, 1.3.2, 1.4.2.2.1/.2/.3, 1.5.1.2/.3⁷⁰

Os recipientes do Tipo 7 são contentores subterrâneos onde o acesso ao recipiente onde se depositam os resíduos é feito através da abertura da plataforma de superfície, que abre até 90° (Figura IV-18, e)) (Resolur, 2013; Sotkon, 2007). Este recipiente, localizado dentro de uma cuba estanque em betão pré-fabricado, está equipado com argola simples ou dupla, onde se faz o engate manual do gancho da grua, sendo este o único elemento que é içado (Figura IV-18, a)), o que os distingue do Tipo 6. A plataforma pedonal de superfície permite o mesmo acabamento da área circundante, sendo ajustável à altura e inclinação do pavimento (Figura IV-18, c)) (TNL, 2014; Equinord, 2009). O recipiente é feito em PEAD, não tem partes metálicas em contacto com os resíduos, e os componentes metálicos utilizados para a manipulação do recipiente são feitos de aço galvanizado.

⁷⁰ Este grupo de recipientes engloba equipamentos com dois tipos de engates e dois tipos de alimentação da plataforma hidráulica rebatível (hidráulica, pela tomada de força da viatura ou electro-hidráulica, por uma central independente), sendo distinguidos de acordo com a classificação do mesmo, pelo que a "/" significa "ou".

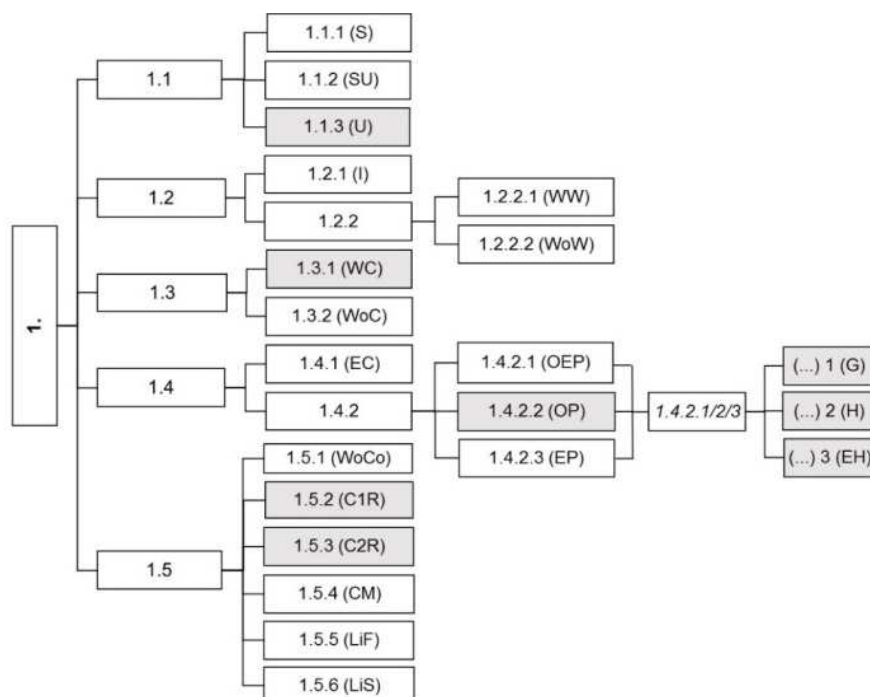


Figura IV-17: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 7 (caixas a sombreado)

A fonte de alimentação ou método para a abertura da plataforma de superfície neste tipo de contentores pode ser através de: i) cilindros hidráulicos alimentados por um *kit* instalado na viatura (ligação à tomada de força, com engate rápido) (Figura IV-18, f)), ii) cilindros electro-hidráulicos alimentados por uma central independente (TNL, 2014), ou iii) com amortecedores a gás (Figura IV-18, d) e e)) (Sotkon, 2007). No caso dos modelos de plataformas hidráulicas e electro-hidráulicas cada cuba é capaz de armazenar até três recipientes (Figura IV-18, c)) (Equinord, 2009), enquanto que nos modelos com amortecedores a gás, a cuba de betão e a plataforma são unitários (Figura IV-18, d)), podendo ser instalados isolados ou em grupos; nestes modelos a gás, a plataforma é destrancada usando uma chave, accionando-se os dois cilindros a gás (Figura IV-18, d) e e)) (Sotkon, 2007).

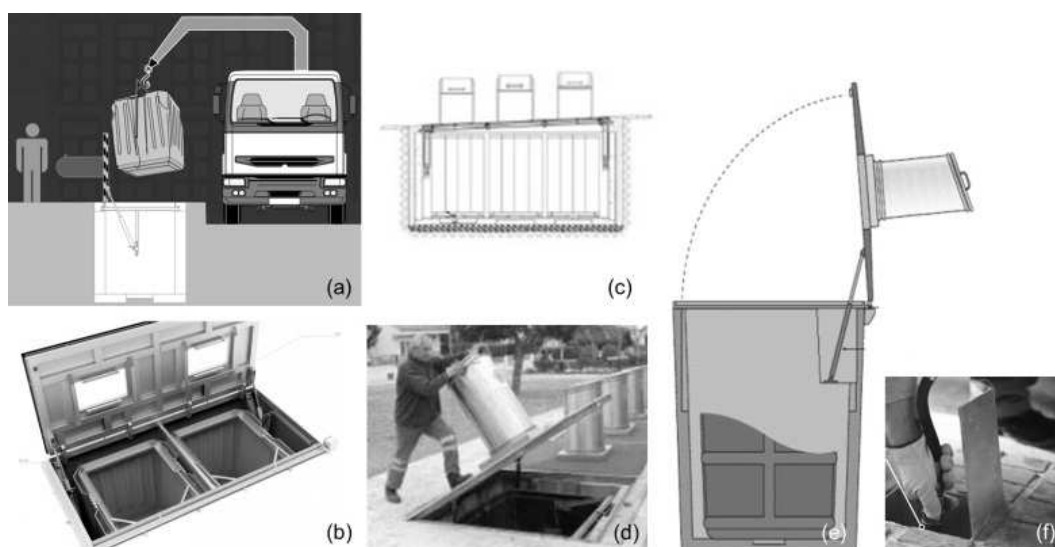


Figura IV-18: Imagens de recipientes do Tipo 7 ((a) e (f) (TNL, 2016), (c) (Equinord, 2009) (b) (TNL, 2016), (d) e (e) (Sotkon, 2007).

Neste caso, os recipientes podem ser descarregados através de um alçapão localizado na base (descarga de fundo), ou por baldeamento (descarga superior), utilizando neste caso viaturas com as duas opções de engate - grua e elevador traseiro adaptado. A sua capacidade varia de 1 a 5 metros cúbicos (Resolur, 2013; Sotkon, 2007; Equinord, 2009; TNL, 2014).

Tipo 8

Acrónimo = U, WoC, OEPEH, LiF; Chave = 1.1.3, 1.3.2, 1.4.2.1.3, 1.5.5

Os equipamentos subterrâneos do Tipo 8, para além da plataforma de superfície de abertura têm também uma plataforma elevatória que se eleva após abertura da plataforma de superfície para dar acesso ao recipiente, que é recolhido quando fica à cota do terreno por viaturas com elevador automático (Figura IV-20, a)).

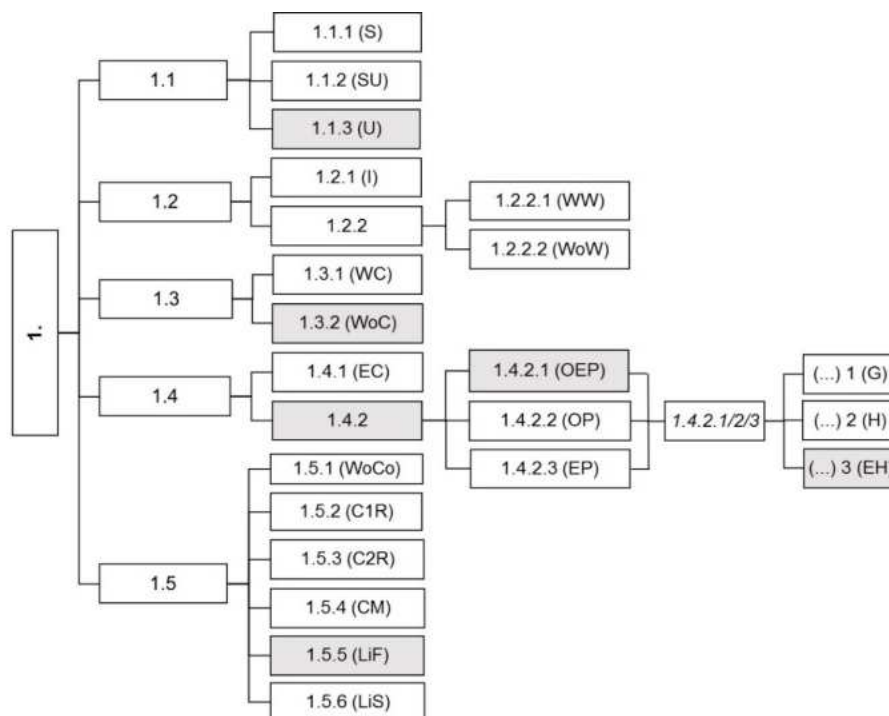


Figura IV-19: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 8 (caixas a sombreado)

A plataforma de metal e cuba de betão podem albergar um ou dois recipientes interiores em PEAD do tipo 3 mas sem tampa (Figura IV-20, c)), adaptados à recolha por viaturas com elevador automático de carga lateral (Contenur, 2016; TNL, 2014), e com capacidades de 3,2 a 4 metros cúbicos. A plataforma, que se abre a 90° e onde são instaladas as colunas de deposição (Figura IV-20, b)) (metálicas ou em polietileno), permite diferentes tipos pavimentos como acabamento e é ajustável às inclinações das vias (TNL, 2014). Uma unidade electro-hidráulica gera a energia necessária para levantar os contentores para a superfície (TNL, 2014), activada dentro da cabine do veículo usando um controle remoto (Contenur, 2016; TNL, 2014; Equinord, 2009).

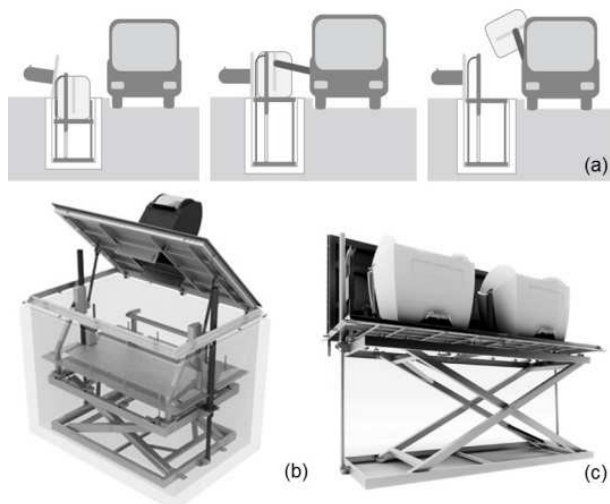


Figura IV-20: Imagens de recipientes do Tipo 8 (a) e c) (TNL, 2015b), b) (Contenur, 2016)

Tipo 9

Acrónimo = U, WoC, EPH/EPEH, LiF+LiS; Chave = 1.1.3, 1.3.2, 1.4.2.3.2/.3, 1.5.5+.6⁷¹

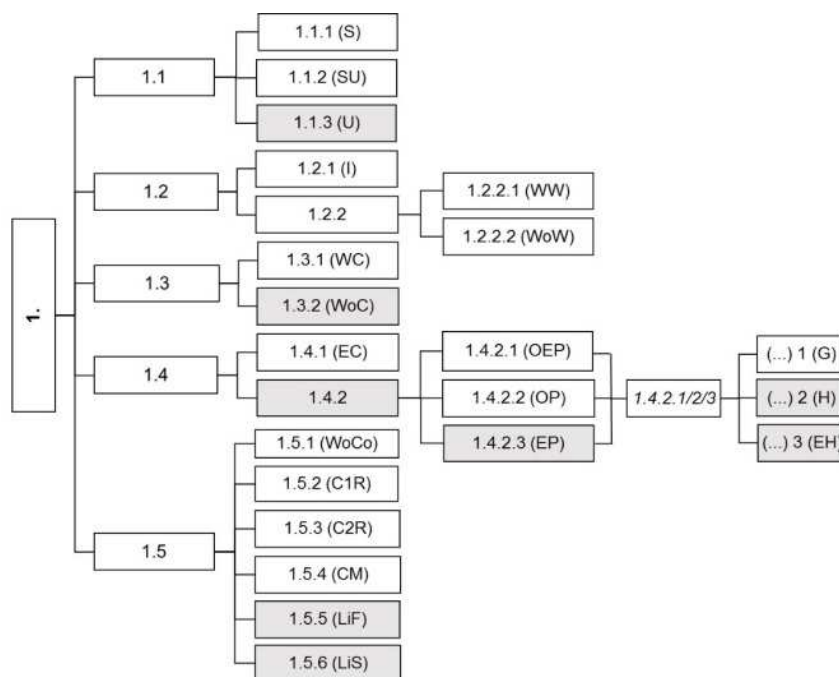


Figura IV-21: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 9 (caixas a sombreado)

⁷¹ Este grupo de recipientes engloba equipamentos com dois tipos de engate no elevador em simultâneo, pelo que o “+” significa “e”. Naturalmente que na prática, apesar de terem os dois tipos de apoios, só um deles é utilizado pela viatura durante a recolha. No caso da alimentação da plataforma elevatória, sendo uma opção os equipamentos são distinguidos de acordo com a classificação da mesma, pelo que “/” significa “ou”, o que significa que na classificação final, apenas um dos acrónimos e chaves pode ser utilizado.

A diferença entre o Tipo 8 e o 9 é o acesso ao recipiente interior, que no Tipo 9 é assegurado apenas por plataformas de elevação (Figura IV-22, c)). Neste caso, os recipientes instalados no interior da cuba são do tipo 2 mas sem a tampa, isto é, estão adaptados à recolha com elevador tradicional, por viaturas de carga traseira (Figura IV-22, a)), podendo cada cuba albergar até três contentores (Figura IV-22, b)), com capacidades que variam entre os 800 e os 1000 l (TNL, 2014; Contenur, 2016).

A plataforma elevatória é accionada por uma consola de controlo remoto, por uma central electro-hidráulica independente ou através de uma ligação à tomada de força da viatura (Contenur, 2016; Equinord, 2009; TNL, 2014).

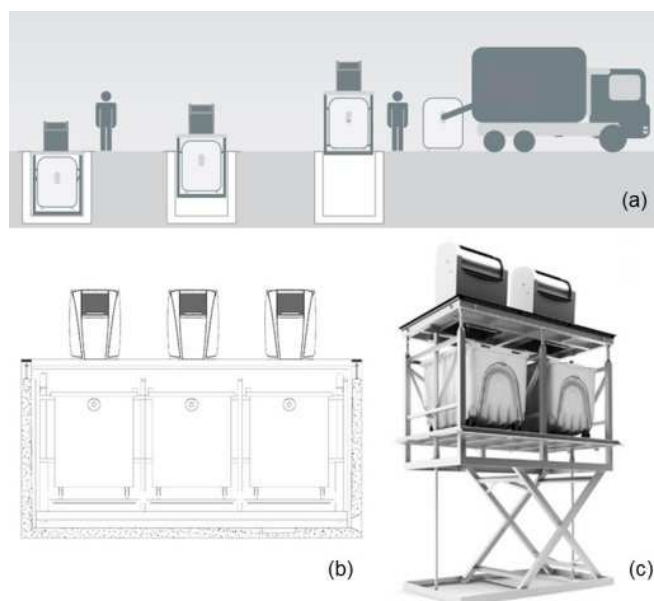


Figura IV-22: Imagens de recipientes do Tipo 9 (a) e c) (TNL, 2015b), b) (Contenur, 2016)

Tipo 10

Acrónimo = U, WC, EPH/EPEH; Chave = 1.1.3, 1.3.1, 1.4.2.3.2/.3⁷²

O último grupo de recipientes, do Tipo 10, consiste em contentores com compactação incorporada, subterrâneos, com plataforma de abertura e elevatória (Figura IV-24), com uma argola compatível com viaturas equipadas com o sistema de elevação com gancho (sistema *hooklift*). A central electro-hidráulica da plataforma elevatória é ativada com controlo remoto, e quatro cilindros levantam a plataforma com o compactador móvel (com tremonha de carga superior) até o nível do solo, após abertura da plataforma de superfície que pode abrir até 21° para facilitar a recolha do recipiente (TNL, 2014), sendo depois o compactador elevado sobre o chassi da viatura de recolha com o sistema *hooklift* (Figura IV-24, b)). Um sistema de monitorização com sensores sobre a posição da placa de compactação permite conhecer as taxas de enchimento deste compactador, cuja gama de capacidades varia entre 12 e 25 m³ (Equinord, 2009; Villiger, 2014).

⁷² Este grupo de recipientes engloba equipamentos onde a alimentação da plataforma é opcional, sendo os equipamentos distinguidos de acordo com a classificação da mesma, pelo que “/” significa “ou”.

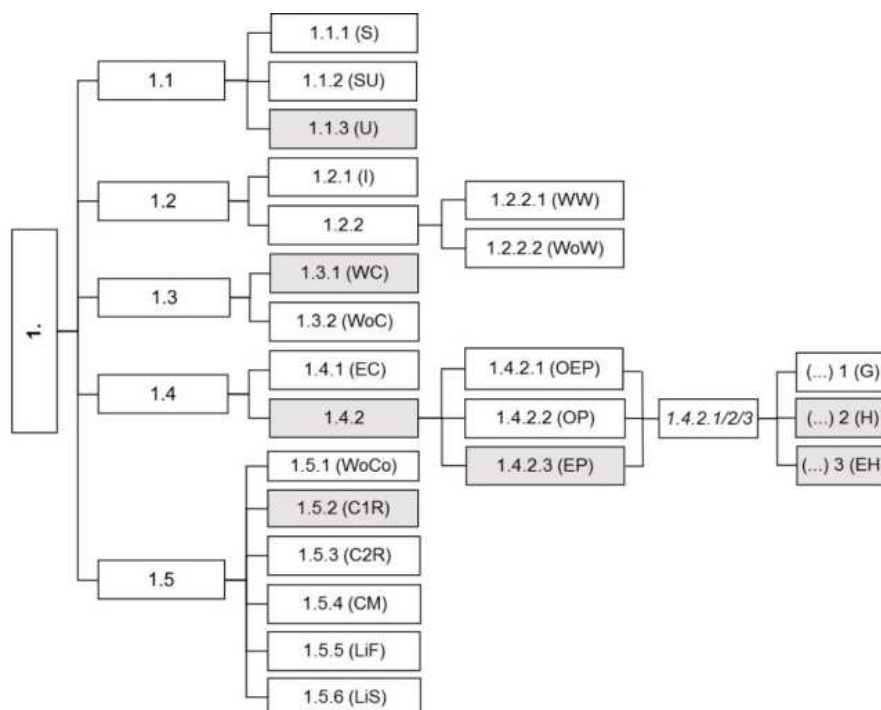


Figura IV-23: Classificação taxonómica do Recipiente Tipo 10 (caixas a sombreado)

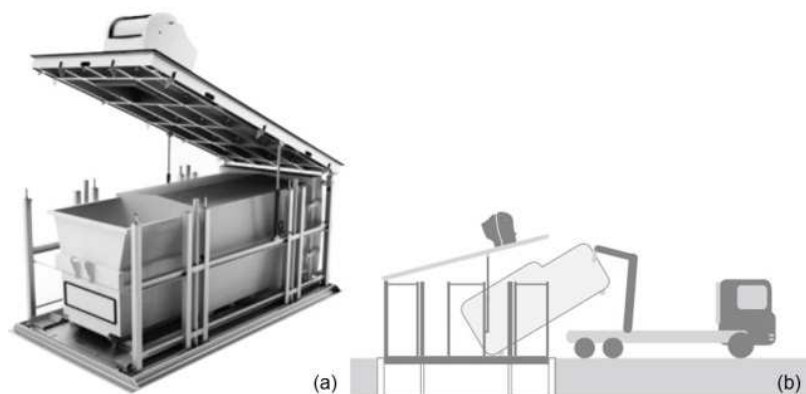


Figura IV-24: Ilustração esquemática do recipiente do Tipo 10 (TNL, 2015a)

IV.1.3 CLASSIFICAÇÃO DE VIATURAS

IV.1.3.1 CATEGORIAS E DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO

A componente 2. é a viatura de recolha, cuja diversidade é caracterizada pelo (2.1) *corpo* ou caixa, pela (2.2) *mecanização do corpo*, (2.3) *mecanização da elevação* e (2.4) *zona de carga*, que foram as questões técnicas identificadas como mais relevantes na identificação das viaturas, de acordo com o diagrama de classificação que se apresenta na Figura IV-32.

O *corpo* está relacionado com o local onde os resíduos são descarregados, que pode ser uma caixa aberta, fechada ou inexistente (no corpo inexistente, é o recipiente que é colocado sobre a viatura, funcionando como corpo). Esta classe taxonómica pode ainda ser dividida em duas sub-classes, de acordo com a divisão corpo em compartimentos: *mono-compartimentado*, quando os resíduos são armazenados num único local, ocupando toda a capacidade do corpo, e *multi-compartimentado* quando o corpo está dividido em duas (bi-compartimentada, Figura IV-25) ou mais caixas.



Figura IV-25: Imagem de uma viatura bi-compartimentada (Ecofar, 2013).

As viaturas podem ser mecanizadas com diferentes estruturas, que definem a *mecanização do corpo*: com um *placa ou grade hidráulica*, que acondiciona os resíduos na caixa sem os compactar ou com *compactador*. Esta última classe subdivide-se em *compactação contínua* ou *intermitente*. Na compactação contínua, um tambor rotativo ou parafuso de Arquimedes, funciona de forma contínua empurrando e compactando os resíduos⁷³ (Figura IV-26, b)); na compactação intermitente, uma placa hidráulica comprime os resíduos de forma intermitente no interior da caixa, podendo funcionar também como placa de ejeção para a descarga dos mesmos⁷⁴ (Figura IV-26, a)). Os ciclos de compactação podem ser automáticos (ciclo contínuo), semi-automáticos (ciclo a ciclo) e manuais (controla cada fase do ciclo de compressão através de alavanca), que é uma opção na maioria dos modelos pelo que não constitui um critério de classificação.

⁷³ Esta tecnologia tem assistido a um declínio de popularidade, que resultou de preocupações de segurança e do maior consumo de combustível.

⁷⁴ As viaturas com compactação/ejeção hidráulica por placa são as mais divulgadas, sendo constituídas por componentes distintas, destacando-se (i) o corpo da caixa, (ii) a unidade de enchimento (composta por uma tuba, prato guia e placa rotativa), (iii) a placa de compressão e de descarga, (iv) os sistemas hidráulico, elétrico e caixas de comandos, (v) e o sistema de elevação. A classificação proposta focou-se nas componentes (i), (iii) e (v).



Figura IV-26: Viaturas de compactação (a) intermitente, por placa (b) contínua, com tambor rotativo (Faun, 2015)

Também a elevação e descarga dos contentores no interior do corpo pode ser mecanizada - *mecanização da elevação*, onde gruas com *ganchos*, *discos*, *elevadores*, *hooklifts* e *braços automatizados* são estruturas possíveis. A mesma viatura pode estar equipada com diferentes dispositivos de elevação, sendo classificada usando as características taxonómicas correspondentes, que não são mutuamente exclusivas, ao contrário do que acontece nos recipientes. De facto, a mecanização da elevação é a única classe taxonómica cujas sub-classes não são mutuamente exclusivas: uma mesma viatura pode ser classificada com mais do que um tipo de elevação, com grua e elevador assistido, por exemplo, que por sua vez também se sub-dividem em sub-classes que podem coexistir na mesma viatura, sendo o exemplo mais comum os elevadores equipados com pente e barras. No caso dos dispositivos de elevação desenvolvidos para grua, como não são elementos fixos podem ser alterados, sendo possível utilizar todos na mesma viatura (basta substituir o dispositivo no início do circuito).

Os dispositivos para a grua podem ser um *gancho simples*, para recolha de contentores de argola simples (Figura IV-27, b),c) e d) e Figura IV-29, a)), *gancho duplo*, para recolha de contentores com dupla argola, sendo a abertura do fundo accionada pela grua e sistema de correntes (Figura IV-27, a) e Figura IV-29, b)), e sistema de *duplo disco* ou *kinshofer* (Figura IV-29, c) Figura IV-29, c)). Os sistemas duplo-disco são sempre automatizados, tendo sido desenvolvidos pela empresa *Kinshofer* para o efeito, isto é, para dispensar a utilização de um cantoneiro “extra” na equipa no engate manual da grua no cogumelo do contentor.

Pelo contrário, os sistemas de gancho (simples e duplo) podem ser de engate manual (realizado pelo operador) (Figura IV-27, d)), possuindo uma patilha de segurança no gancho, que evita que a argola do contentor saia durante a operação (Figura IV-27, c)), ou automatizados, utilizando os sistemas tipo “kinshofer” (Figura IV-28), onde o equipamento é engatado na ponta da grua e pode ser destinado a um tipo específico de engate ou pode ser misto (permite a recolha de contentores com gancho e com cogumelo), garantindo o controlo preciso da altura e da rotação do contentor para o seu posicionamento, assim como um funcionamento seguro graças a um amortecedor (Kinshofer, 2014) .



Figura IV-27: Dispositivos para elevação com grua: gancho duplo (a) e simples (b), (c) e d)) (a), (b) (Sotkon, 2016), (c) (Manutan, 2016), d) (TNL, 2006)).

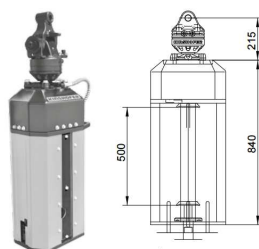


Figura IV-28: Desenho técnico de um dispositivo “kinshofer” destinado a acoplamento com gancho e cogumelo (misto) (Kinshofer, 2014)

Nos sistemas automatizados (Figura IV-29) o engate na grua é comandado pelo operador da grua, que pode utilizar os comandos da grua existentes na viatura (Figura IV-29, d) ou através um comando à distância, controlando a operação a partir do solo (Figura IV-29, e)). Existem ainda as guias automáticas, em que não existe nenhuma intervenção do operador, que fica no interior da cabine, sendo toda a operação controlada por sensores que detectam a posição do contentor.

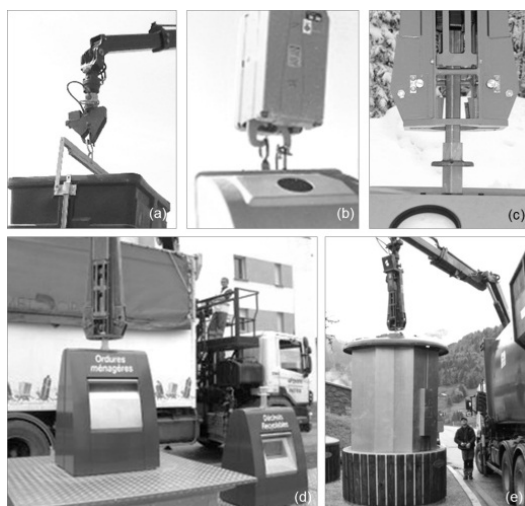


Figura IV-29: Dispositivos automáticos tipo “kinshofer” para elevação com grua: gancho simples (a), duplo (b) e duplo disco (c), com controlo a partir da viatura (d) e com comando à distância, a partir do chão (e). (a), (b) e (c) (Kinshofer, 2014), d) (Ville de Chantepie, 2015), e) (Engels, 2014)

O sistema de elevação com elevador também pode ser simples – sendo capaz de elevar apenas um

contentor de quatro rodas de cada vez, ou duplo, “tipo cassete” (ou “elevador dividido”), capaz de elevar um contentor de quatro rodas ou dois de duas rodas em simultâneo, estando também normalizados para os dois sistemas de engate – o sistema de apoios laterais (DIN, com barras) e frontais (OSCHNER, com pente) (Figura IV-30).



Figura IV-30: Elevador duplo de carga traseira com sistema tipo “cassete” – compatível com os sistemas de elevação com pente e com barras (2010).

A *zona de carga* refere-se à localização do recipiente em relação à viatura no momento da elevação e descarga na caixa. Várias opções estão disponíveis para esta categoria (Figura IV-31): a carga *traseira*, *lateral*, *frontal* e até mesmo *não específica*, como é o caso do carregamento manual de viaturas com a caixa aberta, para os trabalhadores depositarem os sacos ou despejarem os baldes (recipientes do Tipo 1).

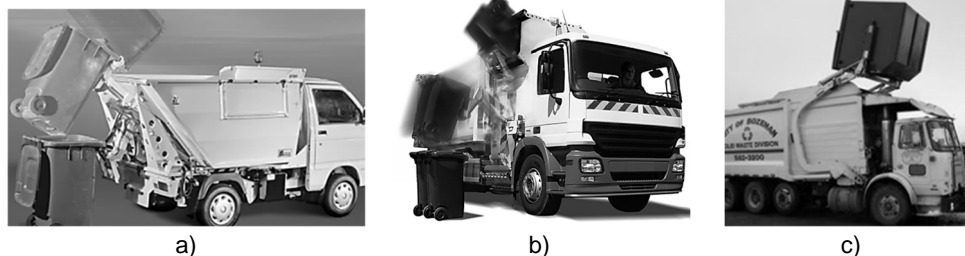


Figura IV-31: Zonas de carga (a) Traseira (b) Lateral (c) Frontal ((a) (Soma, 2016a), b) (Rosroca, 2014c), c) (Bozeman, 2016)

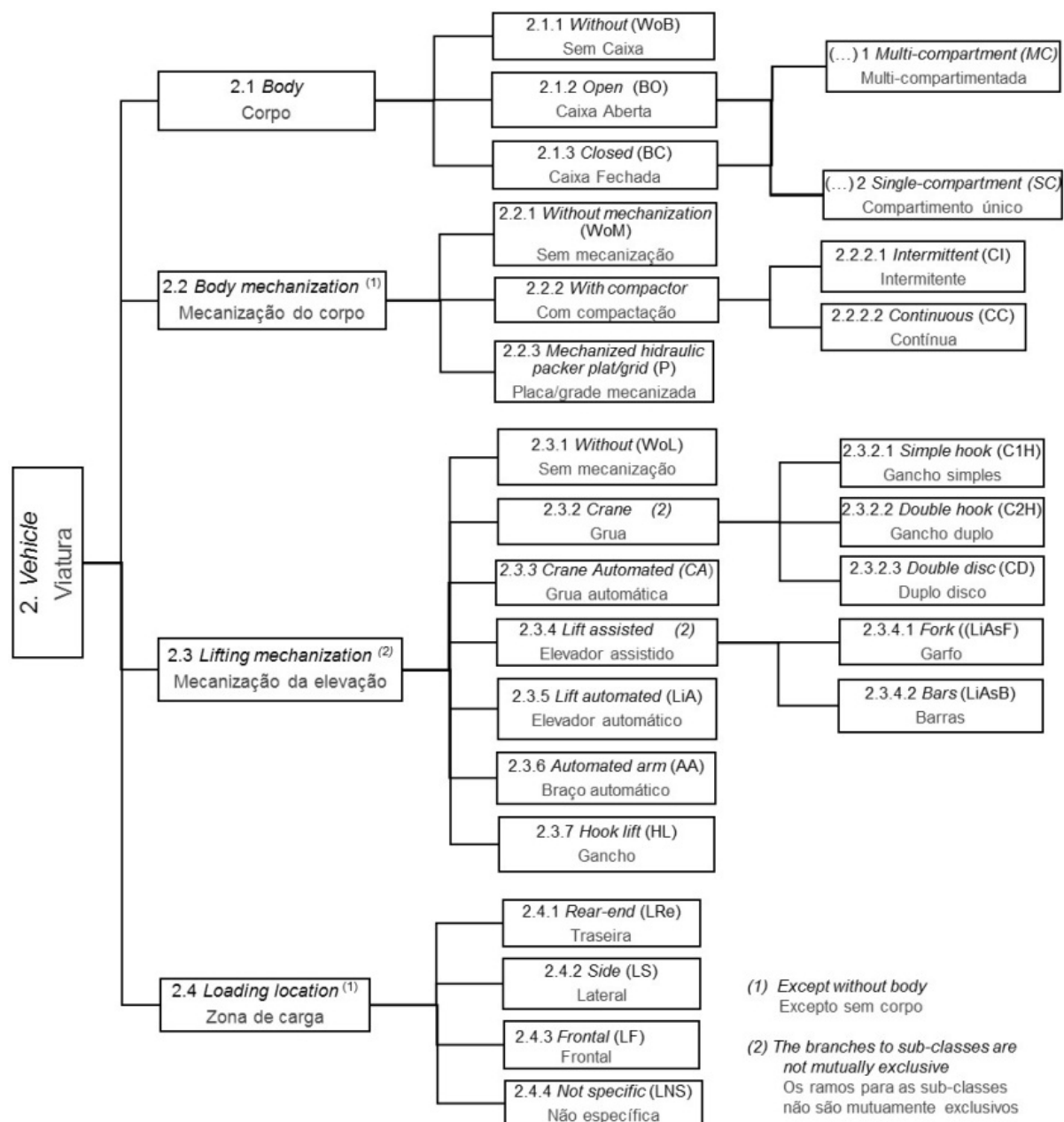


Figura IV-32: Diagrama de classificação de viaturas

IV.1.3.2 VIATURAS TIPO

Com base na classificação desenvolvida para as viaturas de recolha, foram identificadas onze “viaturas-tipo” que pretendem sistematizar os “grupos” ou “tipos” de viaturas principais que se podem encontrar no mercado.

Os equipamentos-tipo de referência para as viaturas descrevem-se a seguir, que se inicia pela chave taxonómica, acrónimo da nomenclatura e diagrama ilustrando a respectiva classificação taxonómica. Considerando que a aplicação da taxonomia se baseia na identificação visual das características taxonómicas, a descrição dos equipamento-tipo é complementada com figuras ilustrativas de cada um.

Tipo 1

Acrónimo = BOSC, WoM, C1H/C2H/CD, LNS; Chave = 2.1.2.2, 2.2.1, 2.3.2.1/.2/.3, 2.4.4⁷⁵

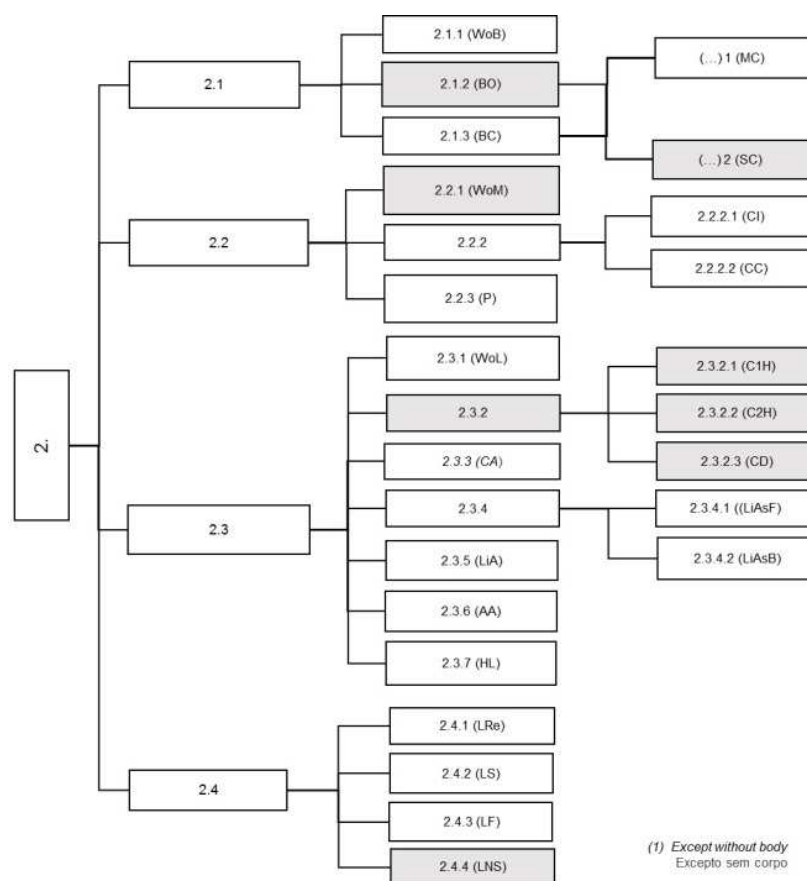


Figura IV-33: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 1 (caixas a sombreado)

No Tipo 1, a viatura é composta por um corpo de caixa aberta sobre o chassis e uma grua hidráulica, montada entre a cabine e a caixa de carga (Figura V-34). Como todos os veículos com grua, o controlo da elevação dos contentores pode ser manual ou controlado remotamente: a grua é operada com os comandos existentes na viatura, a partir do estribo/plataforma da grua ou do chão, ou o operador pode

⁷⁵ Neste grupo de viaturas, tal como todas as viaturas grua, podem ser instalados diferentes dispositivos de engate na ponta da grua, sendo classificados de acordo com o equipamento em questão, pelo que a "/" significa "ou".

afastar-se da viatura usando um controle remoto (Hiab, 2014; Palfinguer, 2014). Diferentes ganchos ou sistemas de acoplamento (manuais ou tipo *kinshofer*) podem ser instalados na ponta da grua, sendo portanto este tipo de viaturas compatível com os diferentes tipos de acoplamento instalados nos contentores para recolha com grua (argola simples, dupla e cogumelo).

Para descarregar a caixa, é accionado um êmbolo hidráulico montado sob a parte dianteira do corpo. Estas viaturas são geralmente utilizadas em sistemas de recolha colectivos, para a recolha de fluxos de resíduos não compactáveis (por exemplo vidro) (ISWA WGCTT, 2004). As capacidades mais comuns variam entre 20 a 35 m³, mas a gama de capacidades pode ser mais ampla.

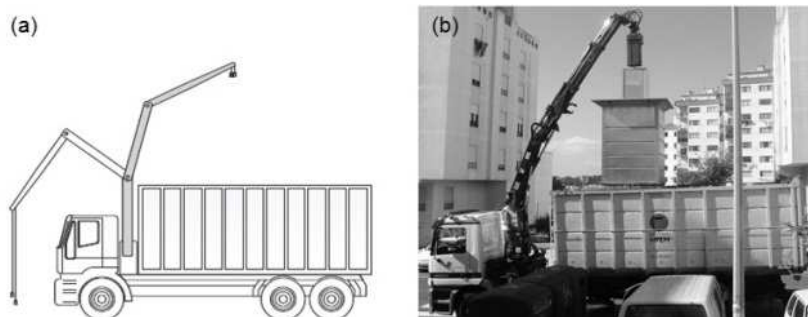


Figura IV-34: Representação esquemática (a) e imagem (b) de uma Viatura Tipo 1. (a) (Sotkon, 2007)

Tipo 2

Acrónimo = BCSC, P, LiAsF+/LiAsB, LRe; Chave = 2.1.3.2, 2.2.3, 2.3.4.1+/.2, 2.4.1⁷⁶

O Tipo 2 é muito comum em viaturas de baixa capacidade, entre 5 e 8 m³ (Ecofar, 2013; Heil Farid, 2014). Estas unidades são constituídas por um corpo pequeno totalmente estanque (peça única) e um elevador traseiro, e podem apresentar uma placa hidráulica simples ou grade (Figura IV-35, a)), que limpa a parte traseira da zona de carga e acondiciona os resíduos, dando alguma segurança à carga, mas que não compacta os resíduos (Heil Farid, 2014; Rosroca, 2014b). São também denominadas por viaturas “satélite”, porque podem ser descarregadas numa viatura de recolha de maior capacidade (“viatura mãe”) ou directamente na central de tratamento, por basculamento da caixa (Rosroca, 2014b).

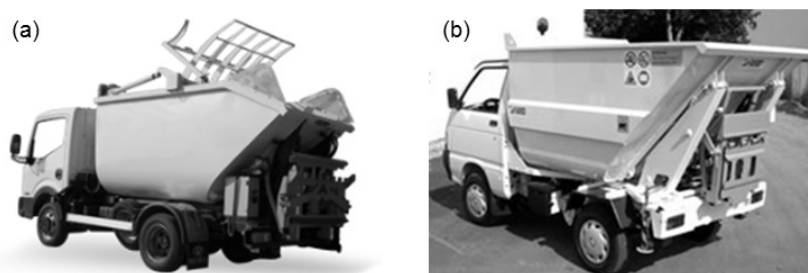


Figura IV-35: Imagens de Viaturas do Tipo 2 ((a) (Vecofabril, 2016))

⁷⁶ Neste grupo de viaturas, tal como na maioria das viaturas com elevador de carga traseira, os elevadores podem ter instalados simultaneamente os dois dispositivos de engate – frontal com pente e lateral com barras ou apenas um, pelo que a “+” significa “e/ou”. Quando têm apenas um, são classificadas de acordo (usando apenas o acrónimo e chave numérica correspondente).

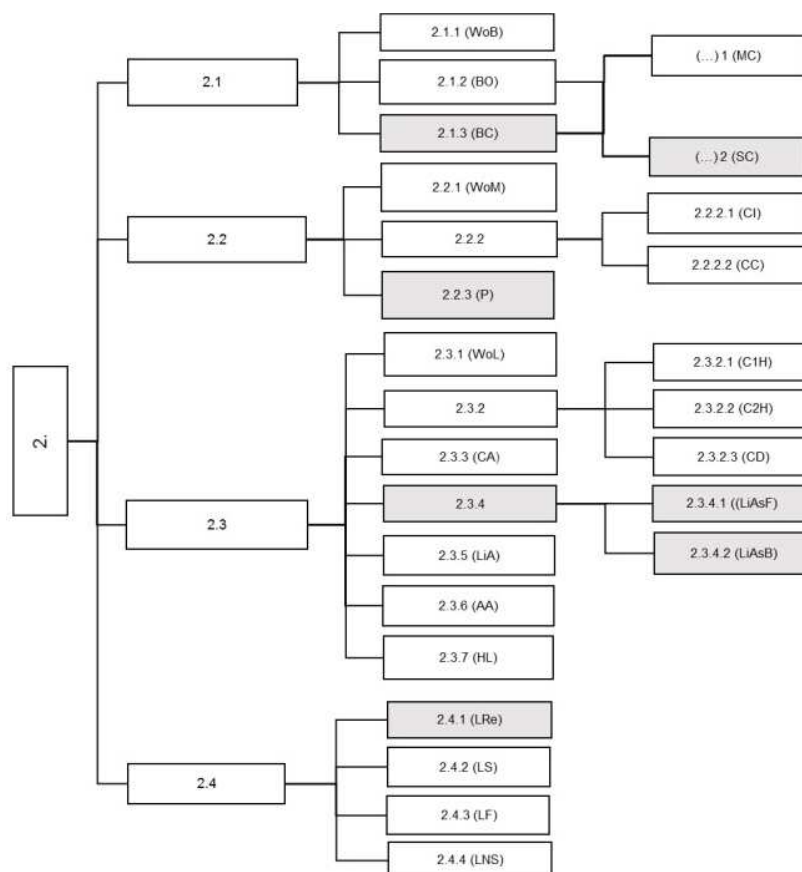


Figura IV-36: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 2 (caixas a sombreado)

Tipo 3

Acrónimo = BCSC, CI, LiAsF+/LiAsB, LRe; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.1, 2.3.4.1+/.2, 2.4.1⁷⁷

O Tipo 3 são as viaturas mais vulgarmente usadas na recolha de RU, sendo constituídas por uma placa de compressão/ejeção hidráulica, um corpo ou caixa fechada com um tanque de lixiviados na parte inferior, e uma tremonha traseira de grande capacidade com uma placa de limpeza articulada e com um mecanismo de elevação (Ecofar, 2013), que permite a recolha de contentores normalizados de diferentes capacidades (por exemplo, 120, 240 e 1.100 L) ou simplesmente a deposição manual de sacos. O elevador é acionado manualmente pelos cantoneiros, a partir de um sistema de botoneiras instalado de ambos os lados da traseira da viatura, que inclui um botão de segurança, que bloqueia o sistema (Figura IV-38). Os recipientes com apoios frontais ou laterais são elevados, respectivamente, por um garfo de carga que engancha na parte da frente do recipiente ou por barras de elevação laterais retrácteis (Bilitewski, 1997). A placa de limpeza articulada recolhe os resíduos da tremonha de carga e comprime-os contra uma placa móvel de compactação (Figura IV-27Figura IV-26, a)).

⁷⁷ Neste grupo de viaturas, tal como na maioria das viaturas com elevador de carga traseira, os elevadores podem ter instalados simultaneamente os dois dispositivos de engate – frontal com pente e lateral com barras ou apenas um, pelo que a “+” significa “e/ou”. Quando têm apenas um, são classificadas de acordo (usando apenas o acrónimo e chave numérica correspondente).

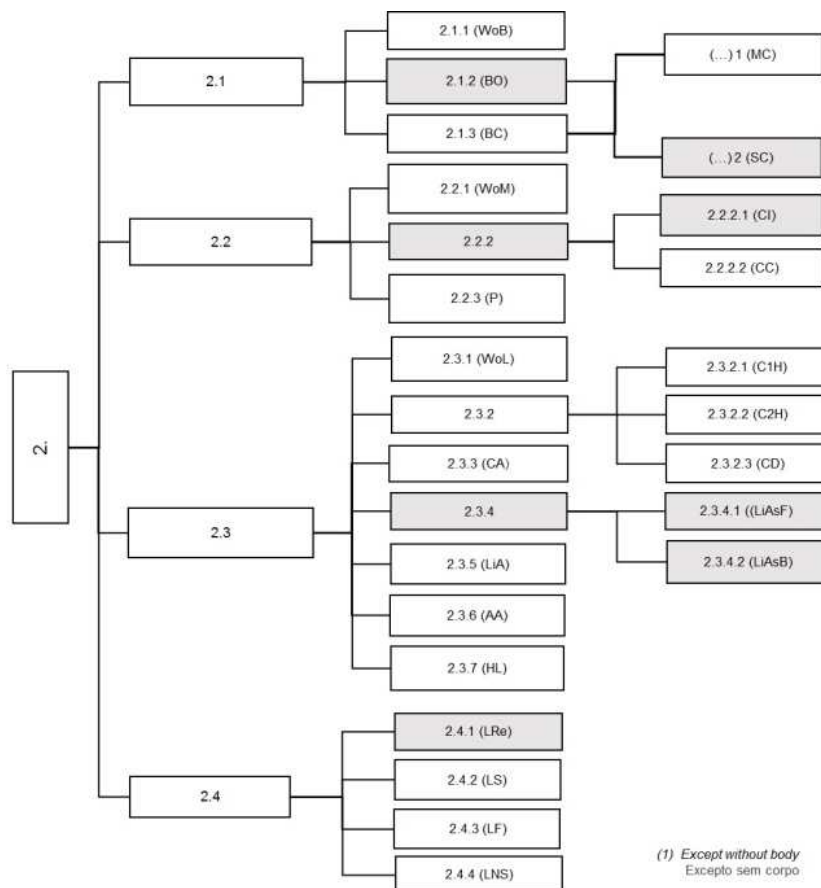


Figura IV-37: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 3 (caixas a sombreado)



Figura IV-38: Comandos do elevador instalados na zona traseira da viatura, acessíveis do chão, com botão de segurança (a vermelho) (Rosroca, 2014b).

Nos modelos mais recentes a placa de limpeza articulada “varre” continuamente a tremonha, eliminando a necessidade de parar e compactar a carga (Heil, 2014). Quando o corpo fica cheio, a parede de compactação move-se até ao fundo do corpo, e a ejeção de resíduos é feita através da abertura da porta traseira (Figura IV-39, b). A sua gama de capacidades é grande, desde viaturas de média a grande capacidade - de 10 m³ a 30 m³ (Ecofar, 2013; Rosroca, 2014b; Zoeller, 2014).

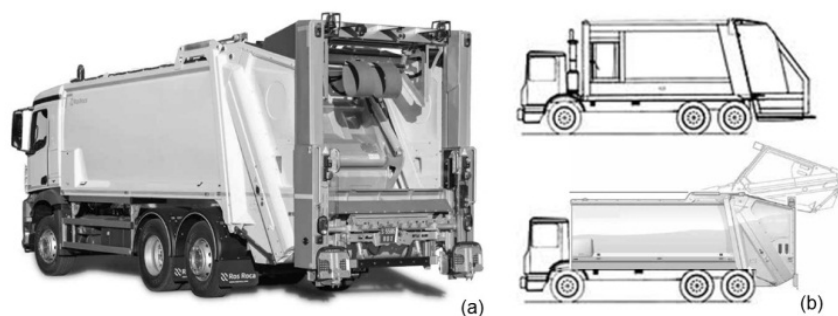


Figura IV-39: Imagens e desenhos esquemáticos de Viaturas do Tipo 3 ((a) (Rosroca, 2014b), b) adaptado de (Rosroca, 2014b; Ontario Ministry of Labour, 2009))

Tipo 4

Acrónimo = BCSC, CC, LiAsF+/LiAsB, LRe; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.2, 2.3.4.1+/.2, 2.4.1⁷⁸

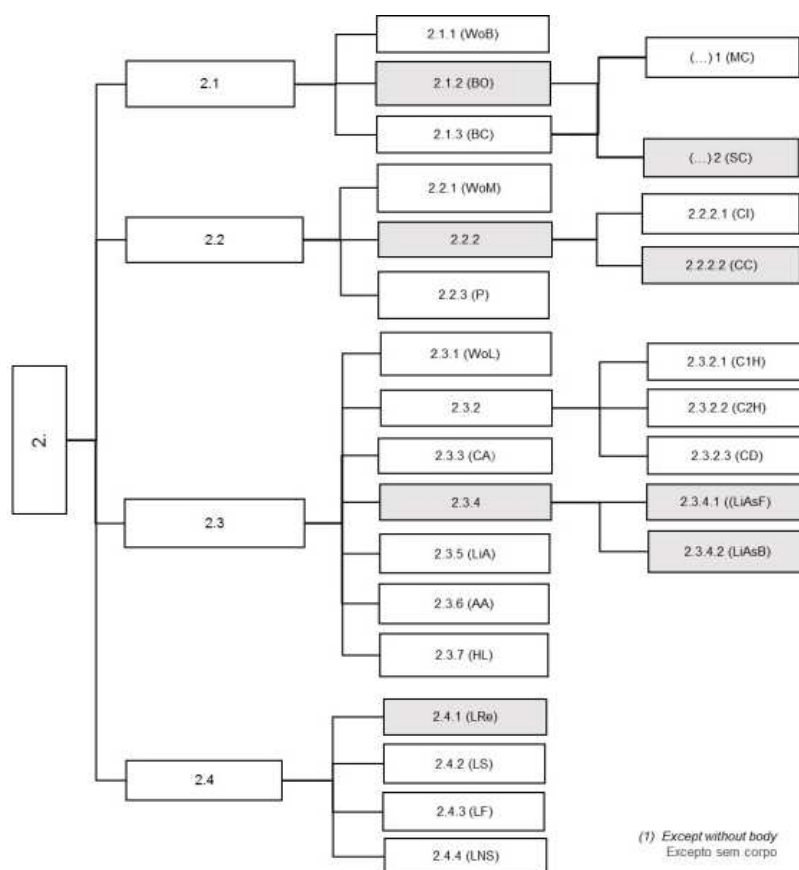


Figura IV-40: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 4 (caixas a sombreado)

⁷⁸ Nas viaturas com elevadores assistidos, os elevadores podem ter instalado simultaneamente os dois dispositivos de engate – frontal com pente e lateral com barras (na prática durante a operação de recolha usa-se apenas um deles) ou apenas um, pelo que a “+” significa “e/ou”. Quando têm apenas um, são classificadas de acordo (usando apenas o acrónimo e chave numérica correspondente).

As viaturas do Tipo 4 diferenciam-se do Tipo 3 no sistema de compactação, que neste caso é contínuo. O corpo é constituído por um tambor cilíndrico cuja rotação e acção de um parafuso em forma de espiral faz com que os resíduos sejam continuamente movidos para a frente, enchendo do corpo (Figura IV-26, b)). Uma vez cheio, as nervuras da parte traseira do tambor empurram os resíduos para a frente pela rotação do parafuso de compactação cónica fixo na secção traseira, que é accionado hidráulicamente durante o carregamento, compactando-os e transportando-os para fora da zona de carga, permitindo que o corpo seja continuamente alimentado (Faun, 2015).



Figura IV-41: Imagens de Viaturas do Tipo 4 (a) (Faun, 2015), b) (Vecofabril, 2016)).

Tipo 5

Acrónimo=BCSC,CI,C1H/C2H/CD,LiAsF/+LiAsB,LRe;

Chave=2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1/.2/.3+2.3.4.1/+2,2.4.1⁷⁹

As viaturas do Tipo 5 têm as mesmas componentes e características descritas para o Tipo 3, adicionando-se uma grua hidráulica telescópica, que está instalada sobre a caixa (Figura IV-43). A tremonha de traseira distingue-se também na sua maior volumetria e capacidade, compatível com a descarga de contentores de maiores capacidades, geralmente subterrâneos (Soma, 2016a; Rosroca, 2014b) ou com a descarga de viaturas satélite do Tipo 2. Os contentores são recolhidos com a grua e descarregados na tremonha traseira ou recolhidos com a grua e depois elevados e baldeados com o elevador de carga traseira adaptado para o efeito (Soma, 2016a), utilizando-se, neste caso, ambos os sistemas de elevação – grua e elevador, durante a operação de recolha do mesmo contentor.

⁷⁹ Neste grupo de viaturas, com grua e elevador de carga traseira, tendo estes dois sistemas de elevação, o “+” significa “e”. Considerando que a grua podem usar as diferentes formas de engate, sendo as viaturas classificadas de acordo com o equipamento em questão que é instalado, o “/” significa “ou”, assumindo a viatura a chave e acrónimo do equipamento em questão. No caso dos elevadores podem ter instalado simultaneamente os dois dispositivos de engate – frontal com pente e lateral com barras ou apenas um, pelo que a “+” significa “e/ou”. Quando têm apenas um, são classificadas de acordo (usando apenas o acrónimo e chave numérica correspondente).

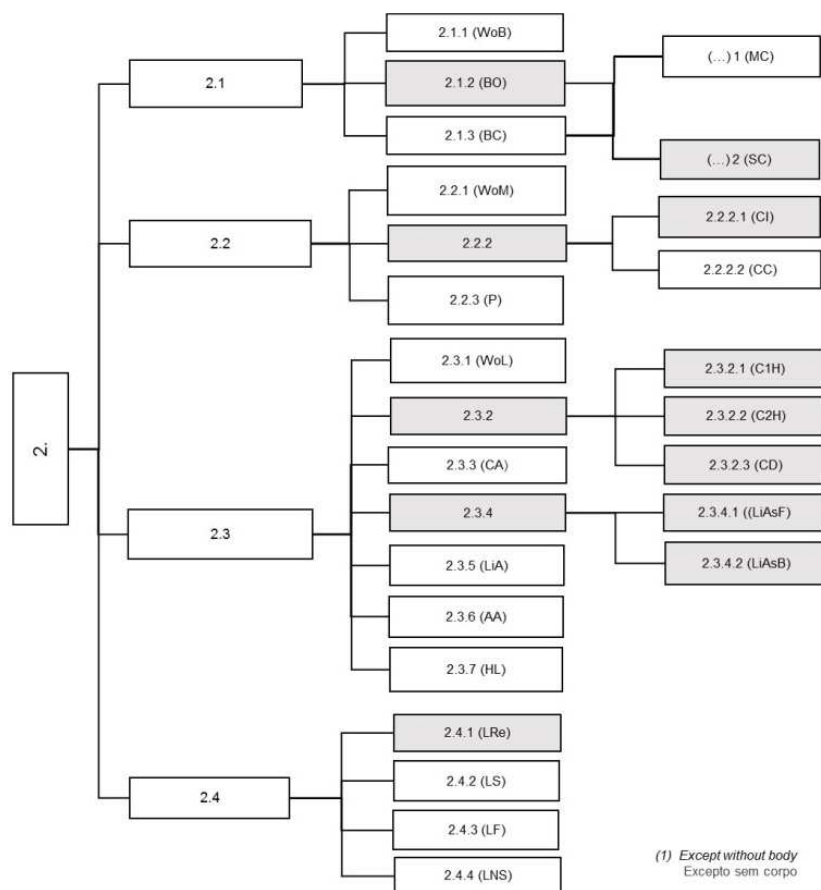


Figura IV-42: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 5 (caixas a sombreado)

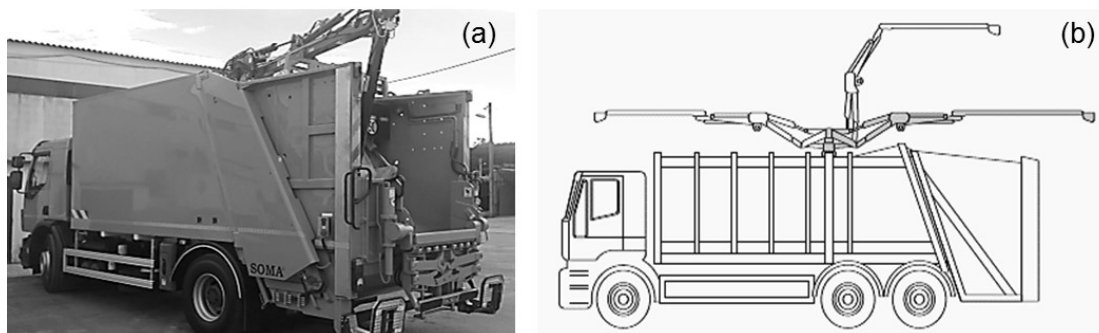


Figura IV-43: Imagem e desenho esquemático da Viatura do Tipo 5 (a) (Soma, 2016a), b) (Sotkon, 2007)

Tipo 6

Acrónimo = WoB, HL, LRe; Chave = 2.1.1, 2.3.7, 2.4.1

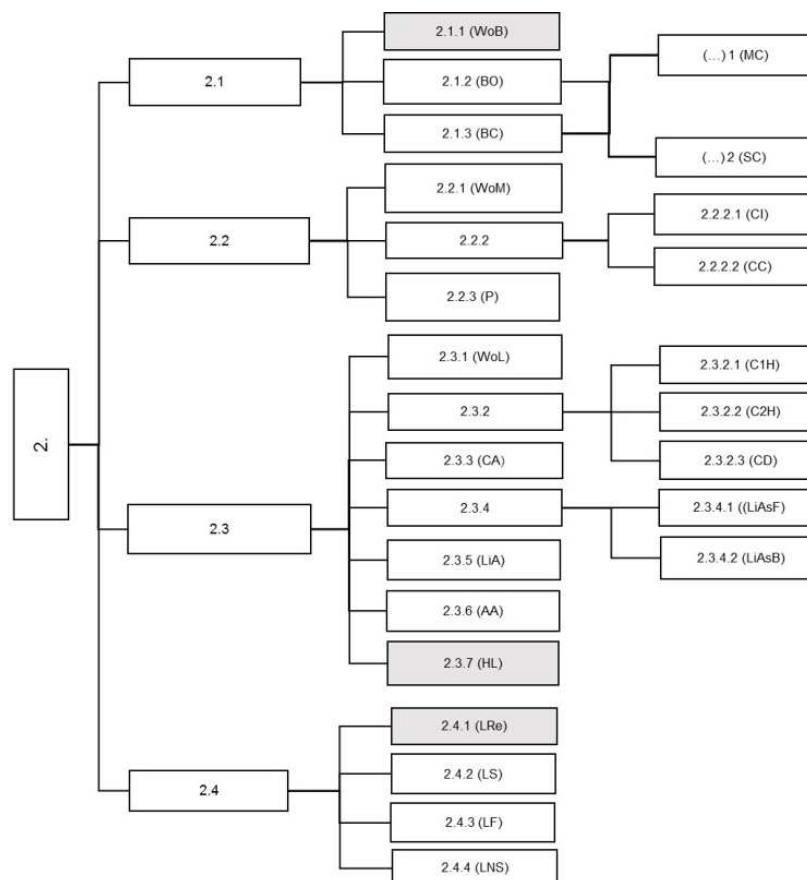


Figura IV-44: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 6 (caixas a sombreado)

As viaturas com o chassis mecanizado com um “sistema de gancho” (“hooklift system”, “rol-off”), caracterizadas pelo Tipo 6, também conhecidas por “viaturas de contentores”, “viaturas de corpo desmontável” ou pelas marcas *Ampliroll* e *Multilift*, são na sua maioria utilizadas para recolher contentores metálicos de grandes capacidades, com ou sem compactação autónoma (compactadores móveis). Apesar de se utilizarem habitualmente na recolha de resíduos industriais e comerciais (sempre que há grandes volumes de resíduos compactáveis) e de resíduos de construção e demolição, são viaturas muito flexíveis, pelo que também se utilizam na recolha de RU: neste caso, recipientes compactadores subterrâneos (caso do recipiente do Tipo 10), são elevados sobre o chassis destas viaturas, graças ao sistema de elevação constituído por um braço com um gancho que reboca e eleva os contentores (Figura IV-45).



Figura IV-45: Desenho esquemático 3D e imagem de uma viatura do Tipo 6 (Hiab, 2014).

Tipo 7

Acrónimo = BCSC, CI, C1H/C2H/CD, LNS; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.1, 2.3.2.1/.2/.3, 2.4.4⁸⁰

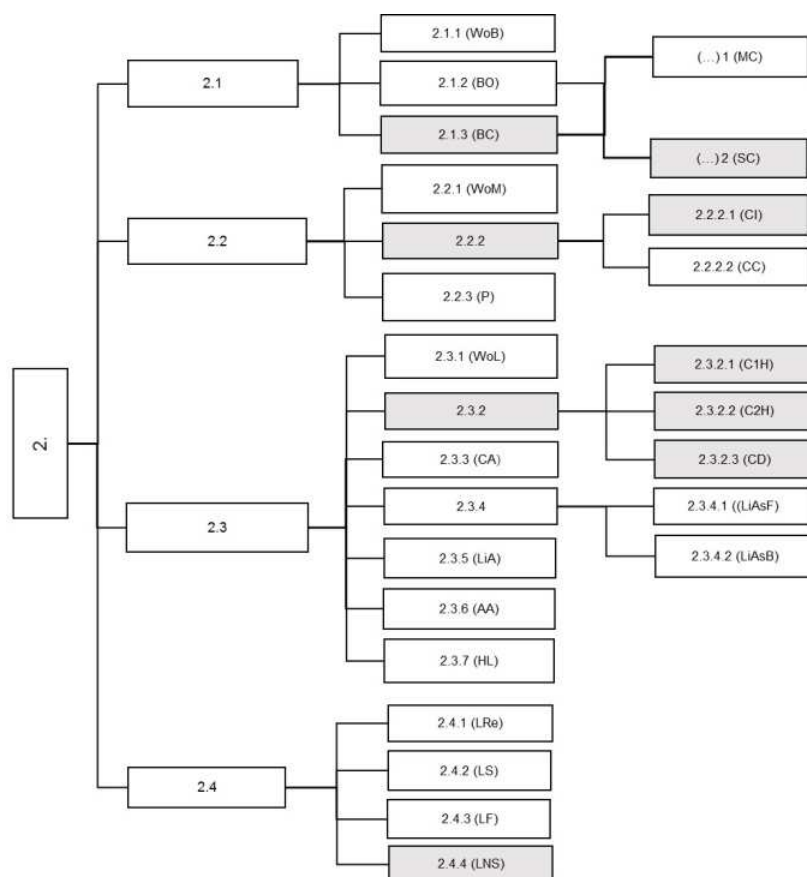


Figura IV-46: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 7 (caixas a sombreado)

As viaturas do Tipo 7 são viaturas com um chassis do Tipo 6 mas que são também equipadas com uma grua hidráulica (Figura IV-47), tendo elevado sobre o chassis uma unidade móvel de compactação de resíduos totalmente auto-suficiente (compactador móvel) com uma câmara de carga superior, onde

⁸⁰ Neste grupo de viaturas, tal como todas as viaturas grua, podem ser instalados diferentes dispositivos de engate na ponta da grua, sendo classificados de acordo com o equipamento em questão, pelo que a "/" significa "ou".

os resíduos são descarregados e compactados. O corpo da viatura é alimentado pela câmara de compactação através de uma gaveta deslizante longitudinal e descarregado pela porta traseira, que pode ter abertura hidráulica ou por gravidade (Mofil, 2014). Os contentores são recolhidos pela grua, que está montada entre a cabine da viatura e o compactador (Figura IV-47).⁸¹ O compactador móvel durante o circuito funciona como se estivesse fixo ao chassis, não sendo utilizada a funcionalidade do *sistema hooklift*, pelo que a viatura é classificada de acordo com a superestrutura instalada sobre o chassis.



Figura IV-47: Desenho esquemático e imagem de uma viatura do Tipo 7 (Sotkon, 2007)

Tipo 8

Acrónimo = BCSC, CI, LiAsF, LS; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.1, 2.3.4.1, 2.4.2

O Tipo 8 é dedicado a viaturas compactadoras de baixa capacidade, entre 5 e 9 m³, com compactação por placa. Estas viaturas são também chamadas de viaturas satélite, porque conseguem transferir a sua carga para uma viatura de carga traseira de grande capacidade (Ecofar, 2013; Heil, 2014). São constituídas por um corpo único onde o processamento e descarga dos resíduos é feito pela placa de ejeção hidráulica, operada por um cilindro hidráulico telescópico de ação dupla (Ecofar, 2013).

Estes veículos podem ter portas de deposição laterais, simples ou duplas para a operação de carga manual, ou um elevador lateral simples (Figura IV-48), capaz de elevar recipientes do Tipo 2 de duas ou quatro rodas (Ecofar, 2013; Heil, 2014).



Figura IV-48: Imagens de viaturas do Tipo 8, com e sem elevador lateral (Ecofar, 2013)

⁸¹ Naturalmente que neste tipo de viaturas, com sistema hooklift e grua, podem ser utilizados diferentes corpos sobre o chassis, nomeadamente uma caixa aberta, para recolher resíduos que não necessitem de compactação, mas nesse caso a classificação taxonómica a adoptar é a do Tipo 1. Isto porque, a classificação deve focar-se na função e operação da viatura durante o serviço de recolha, sendo indiferente ser um corpo fixo ou uma viatura de corpo flexível.

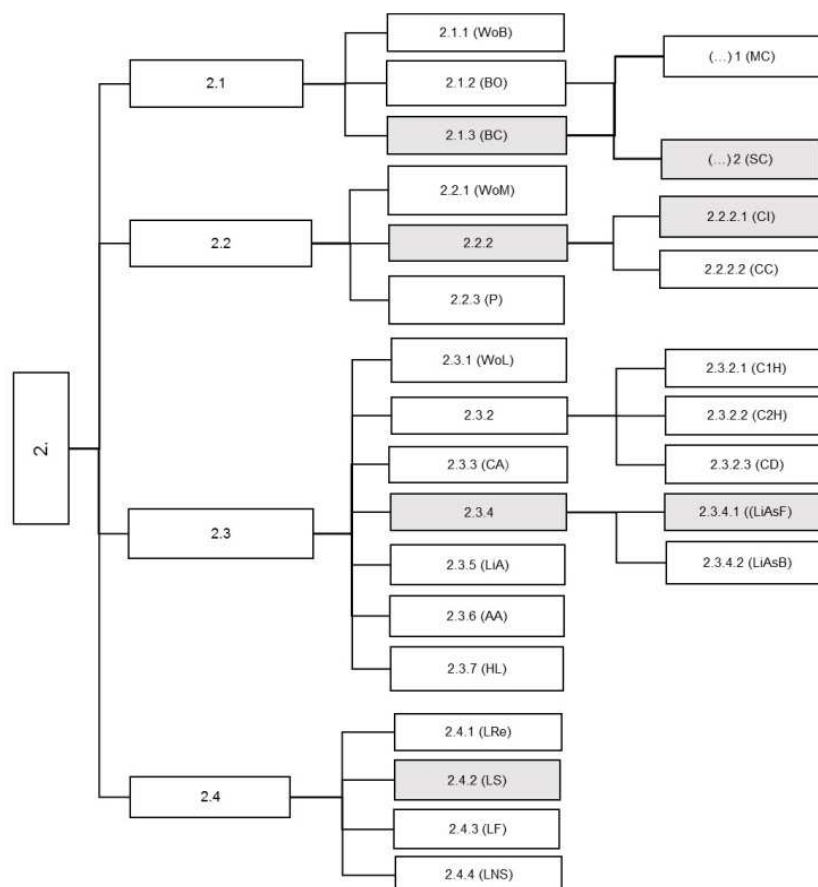


Figura IV-49: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 8 (caixas a sombreado)

Tipo 9

Acrónimo = BCSC, CC, LiA, LS; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.2, 2.3.5, 2.4.2

As viaturas do Tipo 9 são viaturas compactadoras onde o sistema de elevação é automático, composto por um elevador robotizado operado pelo motorista no interior da cabine, usando os comandos instalados na cabine e um sistema de vídeo (Figura IV-51) (Heil Farid, 2014; Farid, 2016).

A viatura tem que parar alinhada com o recipiente (que tem uma mira para facilitar este alinhamento) para que as duas barras do elevador engatem nos apoios laterais, o elevem e o esvaziem, colocando-o no mesmo local automaticamente (Figura IV-52) (Kogler, 2007). Uma placa de metal em movimento contínuo de vaivém na parte traseira da tremonha de carga força os resíduos através de uma abertura dentro do corpo principal, compactando os resíduos contra o material já carregado. As capacidades variam de 12 m³ a 30 m³ (Heil Farid, 2014), para a recolha lateral automatizada de recipientes compatíveis de 660 a 3.200 L (Heil Farid, 2014).

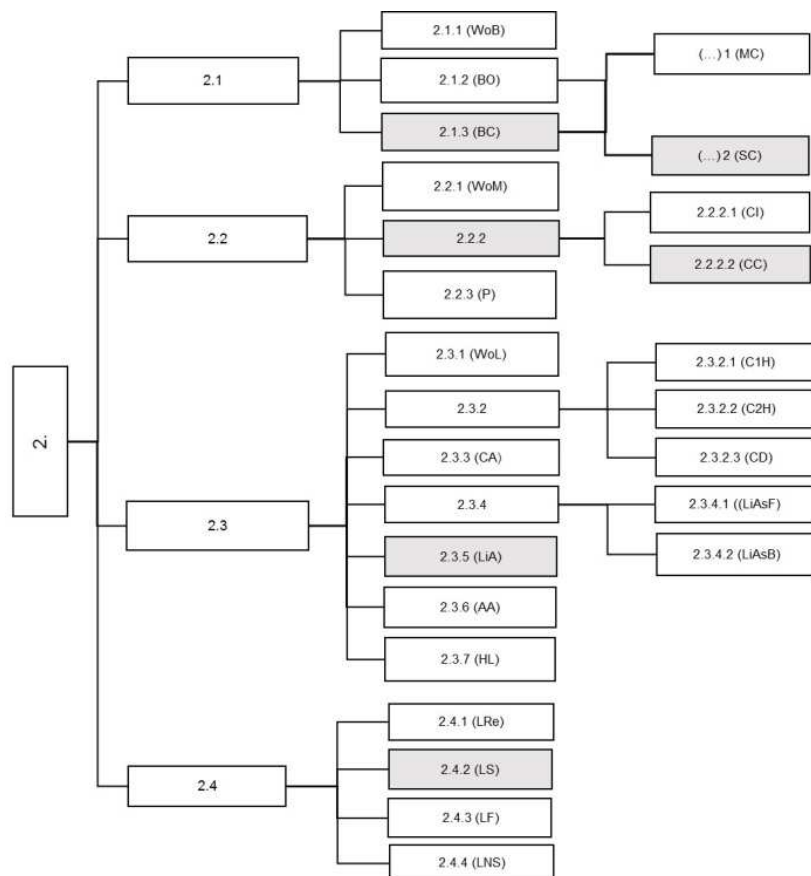


Figura IV-50: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 9 (caixas a sombreado)



Figura IV-51: Imagens dos comandos e sistema vídeo - interior da cabine de uma viatura do Tipo 9 (Farid, 2016)

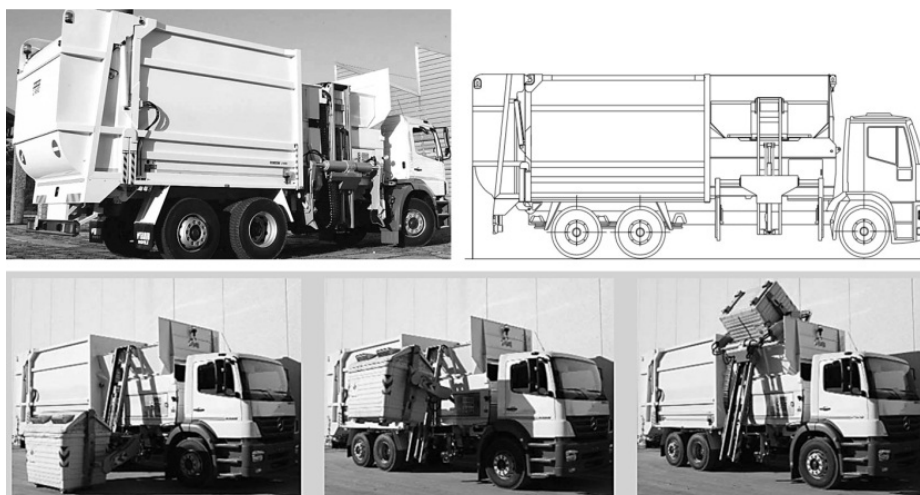


Figura IV-52: Imagens e desenho esquemático de Viaturas do Tipo 9 (Farid, 2016).

Tipo 10

Acrónimo = BCSC, CI, AA, LS; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.1, 2.3.6, 2.4.2

As viaturas do Tipo 10 distinguem-se do Tipo 9 no sistema de elevação, uma vez que os contentores são elevados por um braço hidráulico articulado, que tem uma pinça ou “garra” (“arm grabber”) que envolve e agarra recipientes de capacidades baixas, até 360 l, previamente colocados na berma de forma a estarem acessíveis às viaturas⁸². A viatura pode ter um ou dois braços para recolha de contentores forma automática, controlado pelo motorista através de um *joystick* e um sistema vídeo, dispensando a utilização de cantoneiros (Translift, 2014; Heil, 2014).

⁸² Sistema de recolha porta-a-porta mono-operador muito comum em zonas residenciais dos EUA, que utiliza contentores de duas rodas colocados na berma de forma a estarem acessíveis ao braço automático da viatura.

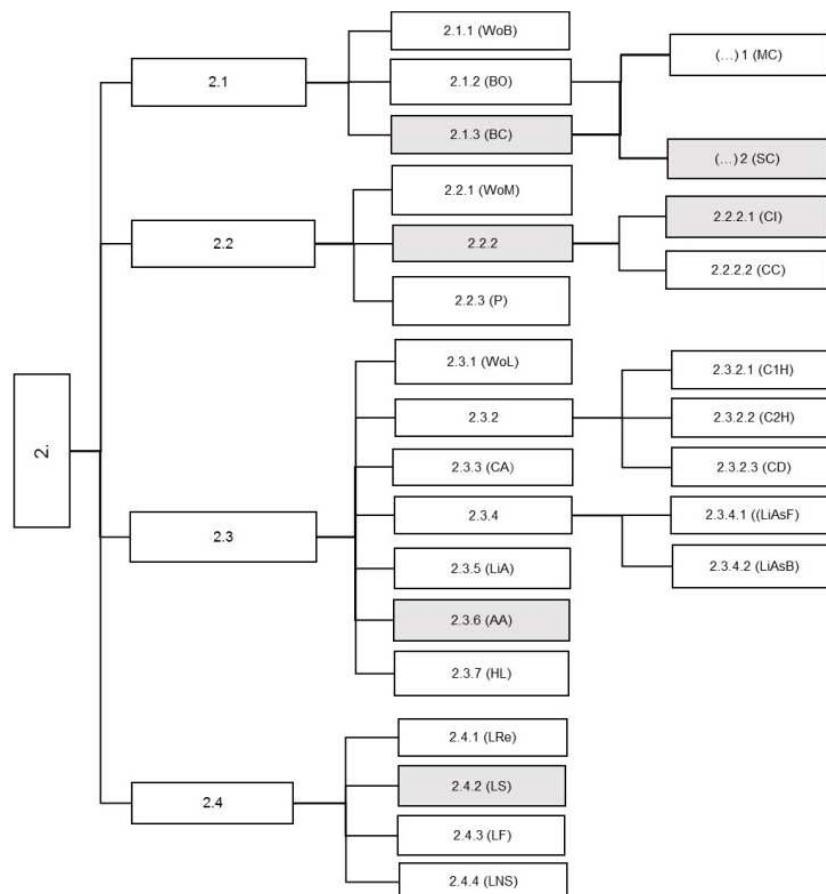


Figura IV-53: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 10 (caixas a sombreado)

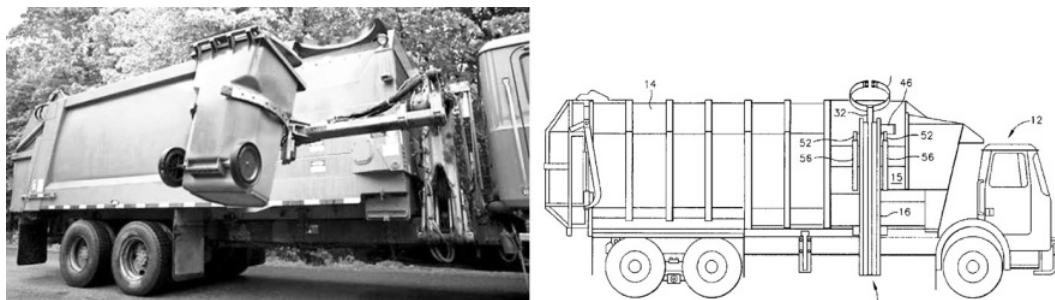


Figura IV-54: Imagem e desenho esquemático de Viaturas do Tipo 10 (McMullen, C., 2016), b) (USA Patente Nº US5702225 A, 1996)

Tipo 11

Acrónimo = BCSC, CI, CAD, LS; Chave = 2.1.3.2, 2.2.2.1, 2.3.3.3, 2.4.2

As viaturas do Tipo 11 são viaturas compactadoras onde, tal como as viaturas tipo 9 e 10, o sistema de elevação é automático, sendo que neste caso é composto por uma grua, que também é operada pelo motorista no interior da cabine, usando os comandos e um sistema de vídeo. Esta grua robotizada é equipada com sensores de posição, que permitem que a acoplagem com o sistema de duplo disco nos contentores seja feita de forma automática, elevando-os, esvaziando-os e colocando-os no mesmo local automaticamente. Outra diferença é que esta grua permite a recolha bilateral, isto é, permite a

recolha automática de recipientes localizados dos dois lados da viatura (Figura IV-56), distinguindo-a das viaturas tipo 9 e 10, que recolhem apenas recipientes localizados num dos lados da viatura (o lado do elevador/braço).

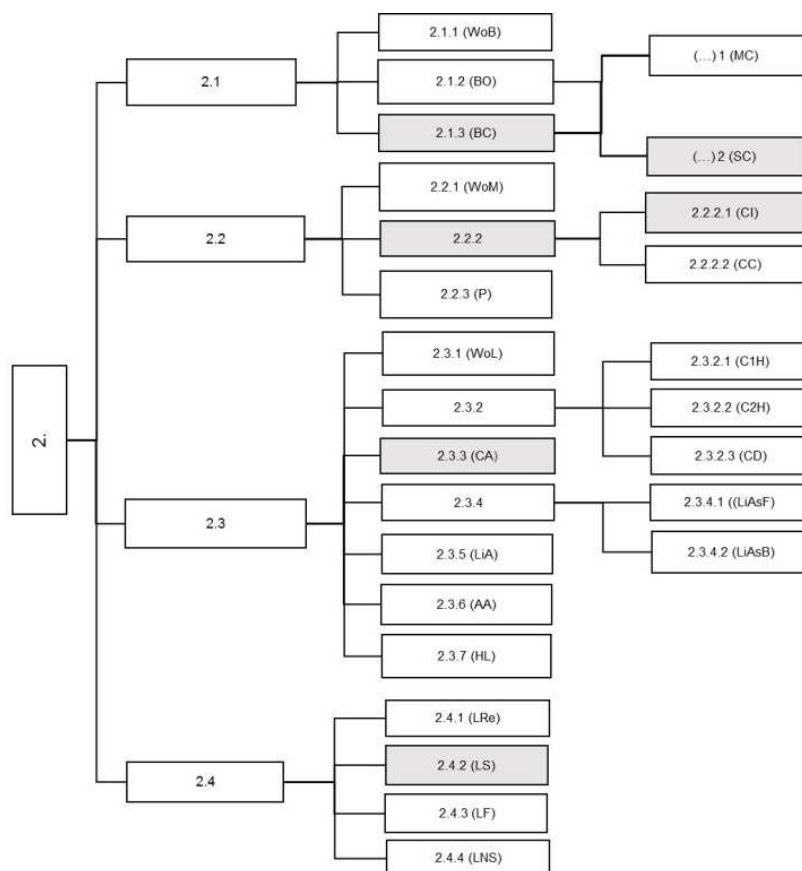


Figura IV-55: Classificação taxonómica da Viatura Tipo 11 (caixas a sombreado)



Figura IV-56: Imagem e desenho esquemático da operação de recolha com uma Viatura do Tipo 11 (Nord Engineering, 2016).

Trata-se de uma viatura de caixa intercambiável, isto é, uma viatura do tipo 7, mas que tem também uma grua automática de recolha bilateral instalada no chassis (Figura IV-57). Tal como no tipo 7, o compactador móvel funciona como se estivesse fixo ao chassis, não sendo utilizada a funcionalidade do sistema *hooklift* durante o circuito.



Figura IV-57: Imagem e desenho esquemático de uma Viatura do Tipo 11 (Nord Engineering, 2016)

Ressalva-se que qualquer uma das viaturas tipo descritas neste capítulo, excepto as de compactação contínua com tambor rotativo, podem ter caixas seccionadas, isto é, podem assumir classificações diferentes para a sub-classe taxonómica relativa à compartimentação do corpo da viatura.

IV.1.4 CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS

IV.1.4.1 CATEGORIAS E DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO

As categorias taxonómicas de classificação do método de recolha estão relacionadas com a forma como o recipiente interage com a viatura e, conseqüentemente, com a força de trabalho necessária durante a operação de recolha do mesmo.

Definiram-se assim quatro classes taxonómicas para o método de recolha: (3.1) *manual* – onde o trabalhador transporta, eleva e descarrega os baldes ou sacos dentro da viatura de forma integralmente manual, sem nenhum dispositivo mecânico; (3.2) *assistida* – quando existe uma mistura de processos manuais ou mecânicos, em que a deslocação do recipiente para junto da viatura é feita manualmente (usando recipientes móveis com rodas) e a mecanização ocorre apenas na elevação e esvaziamento do mesmo, realizada pelo sistema instalado na viatura; (3.3) *semi-automatizada* - em que todos os passos envolvidos no procedimento de recolha são mecanizados, mas o trabalhador tem de estar no exterior do veículo para controlar e dar assistência manual durante o acoplamento e desacoplamento do contentor à grua; (3.4) *totalmente automatizada* - em que não há contacto directo dos trabalhadores com os recipientes, sendo a interacção do recipiente com a viatura controlada por um único operador, no interior da cabine da viatura.

Como os métodos de recolha estão directamente dependentes da mecanização da operação e impõem uma ligação entre o recipiente e a viatura, as características taxonómicas a serem abordadas para a classificação do método de recolha são: o *acoplamento à viatura* (1.5) do recipiente e a *mecanização da elevação* (2.3) da viatura, como é ilustrado no diagrama da Figura IV-58. Para classificar os sistemas de recolha é assim necessário em primeiro lugar classificar as duas componentes – recipiente e viatura, e depois relacioná-las através das duas características referidas, que permite obter a classificação do método de recolha e assim conhecer as necessidades de recursos humanos associadas.

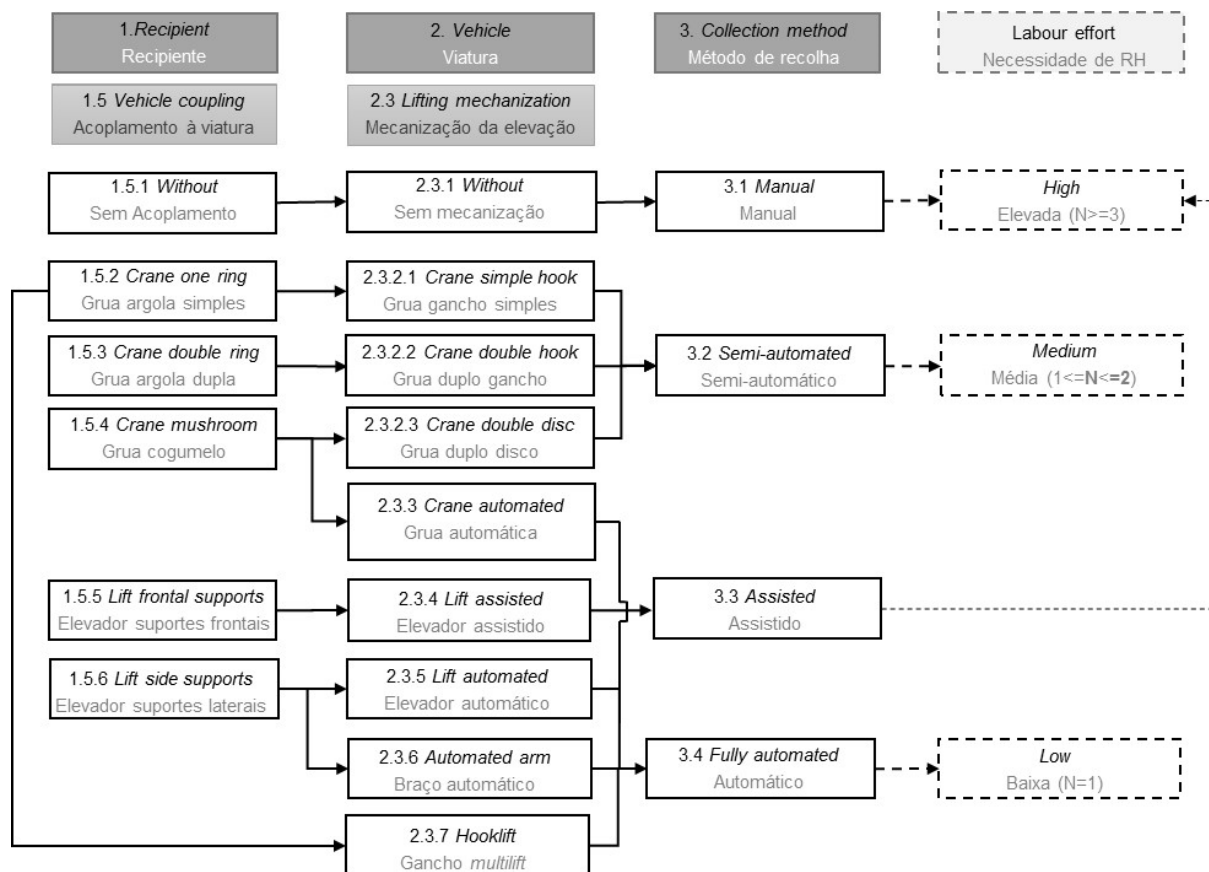


Figura IV-58: Diagrama de classificação de Sistemas de Recolha

IV.1.4.2 SISTEMAS DE RECOLHA CHAVE

Os principais quatro métodos de recolha podem ser caracterizados utilizando os recipientes tipo e viaturas tipo já definidos, aplicando o diagrama de classificação da Figura IV-58.

O método de recolha manual ocorre quando não é utilizado nenhum sistema de elevação e descarga de contentores: os recipientes classificados como de superfície, móveis, sem rodas, e sem acoplamento à viatura, tais como sacos e baldes, são recolhidos por viaturas classificados como de corpo aberto, não mecanizado, sem sistema de elevação e sem zona de carga específica, ou por viaturas de corpo fechado, com compactação intermitente, e que podem ter um sistema de elevação mecanizado, mas que não é utilizado (Figura IV-59).



Figura IV-59: Sistema de recolha manual no Recife, Brasil (PernambucoLeiaJá.com, 2016)

O método de recolha assistida ocorre quando é utilizada um elevador “tradicional” (assistido) como sistema de engate e elevação: contentores de superfície móveis com rodas e suportes frontais ou laterais de acoplamento na viatura são rodados pelos trabalhadores para junto da viatura de recolha, que os colocam em posição e accionam manualmente o elevador, com comandos existentes na traseira da viatura, levando-os depois vazios para o local inicial (Figura IV-60). As viaturas podem ser de compactação intermitente ou contínua, e a operação de elevação é semi-automatizada, podendo a zona de carga ser traseira, frontal ou lateral.



Figura IV-60: Sistema de recolha assistido (tvi24, 2014)

Tanto nos sistemas de recolha manual como assistida, geralmente são necessários três ou mais trabalhadores.

Os métodos de recolha semi-automatizados utilizam contentores de superfície ou subterrâneos com acoplamento para grua, sendo recolhidos por viaturas de caixa aberta, não mecanizada, com elevação com grua de gancho ou disco duplo e sem local específico de carga, ou por viaturas de corpo fechado, com compactador intermitente, com elevação com grua de gancho ou disco duplo e de carga traseira.

Neste método de recolha são utilizados normalmente dois trabalhadores, podendo em teoria ser utilizado apenas um quando é usado o sistema automático tipo *kinshofer* na grua. Na prática, verifica-se que mesmo nestes casos acaba por ser pouco frequente a utilização de equipas mono-operador nos sistemas semi-automatizados, uma vez que geralmente se opta pela utilização de um cantoneiro para apoiar no posicionamento do contentor (Figuras IV-61 e Figura IV-62).



Figuras IV-61: Sistema de recolha semi-automático, de contentores de superfície (2010)



Figura IV-62: Sistema de recolha semi-automático, de contentores subterrâneos (2010)

Nos sistemas totalmente automatizados não existe nenhuma intervenção directa dos trabalhadores, isso é, não existe contacto entre o trabalhador e o recipiente, sendo a recolha controlada no interior do veículo. Os sistemas mais frequentes na Europa são os que utilizam contentores de superfície, sem rodas, com suportes laterais, recolhidos por uma viatura de corpo fechado, com compactação contínua, e elevação automática de carga lateral (Figura IV-63), sendo também utilizados os sistemas de recolha bilateral, com grua automática (Figura IV-64). Nos EUA, são também utilizadas viaturas robotizadas que em vez do elevador têm um braço de elevação. Todos estes sistemas utilizam equipas mono-operador (condutor).

Existe uma relação directa entre os métodos de recolha o número de trabalhadores da equipa (dada pelo diagrama da Figura IV-58) e as gamas de capacidades dos recipientes. De facto, os métodos de recolha automáticos ou semi-automáticos também se caracterizam por se utilizarem quando a capacidade do recipiente é maior e por necessitarem de equipas de menor dimensão, comparativamente com os métodos de recolha assistida ou manuais, que dependente da força manual e que utilizam consequentemente, recipientes de menores capacidades e necessitam de equipas maiores.



Figura IV-63: Sistemas de recolha automáticos com elevador automático lateral (com recipientes subterrâneos e de superfície) (2010)



Figura IV-64: Sistemas de recolha automáticos com grua automática bilateral (com recipientes subterrâneos e de superfície) (Nord Engineering, 2016).

IV.2 PROPOSTA DE INDICADORES DE DESEMPENHO

IV.2.1 SÍNTESE INTRODUTÓRIA

Em cumprimento com os objetivos e de acordo com o descrito na metodologia, os indicadores foram definidos para medir as características físicas dos equipamentos e variáveis operacionais com impacto importante na racionalização da logística dos sistemas de recolha. Pretendeu-se que suportassem a escolha da solução tecnológica mais adequada aos objetivos locais, e que fossem facilmente obtidos ou monitorizados.

Os indicadores foram definidos à luz dos pressupostos apresentados no capítulo III.3.1 da metodologia: os indicadores de equipamento pretendem fornecer resultados conclusivos e universais, dando lugar à comparação das diferenças entre sistemas, num claro exercício de *benchmarking*, e constituindo valores de referência; os indicadores de sistema, em particular os de monitorização de circuitos, apesar de não permitirem isolar as variáveis exteriores aos sistemas, ao basearem-se na fase de recolha efectiva reduziram muito esta influência, para que fosse possível, ainda que com o devido enquadramento, tirar algumas conclusões sobre a performance operacional e financeira dos diferentes sistemas de recolha.

Nos capítulos seguintes apresentam-se os indicadores de equipamento e de serviço, sub-divididos em

indicadores operacionais e financeiros, de acordo com as definições apresentadas no capítulo III.3.5. Os indicadores resultam das variáveis-chave listadas nas Tabelas III-3 a III-6: algumas destas variáveis constituem por si um indicador capaz de cumprir com os objectivos; outras foram combinadas, aplicando operações matemáticas, geralmente quocientes, que resultaram em indicadores úteis.

IV.2.2 INDICADORES DE EQUIPAMENTO

IV.2.2.1 INDICADORES OPERACIONAIS

No texto seguinte serão listados e definidos os indicadores de equipamento - Recipientes (R) e Viaturas (V)), Operacionais (O), isto é, indicadores relativos exclusivamente a variáveis que resultam das características físicas dos equipamentos, determinantes em termos de concepção e dimensionamento dos diferentes sistemas de recolha, permitindo assim basear o desenvolvimento de estudos prévios e projectos de recolha de RU. Todos os indicadores são calculados para cada tipo de equipamento e fluxo de resíduo recolhido.

Começando pelos indicadores operacionais relativos aos recipientes, os indicadores de desempenho definidos foram os seguinte:

IRO.1) Área de Implantação do Recipiente

Este indicador é definido pela área ocupada pela maior secção do corpo do contentor, isto é, pela “sombra” ou projecção (vista de cima) do equipamento. No caso dos equipamentos semi-subterrâneos e subterrâneos, considera-se a componente que está à superfície, que nos semi-subterrâneos é a porção do corpo acima da cota do pavimento e nos subterrâneos é a coluna de deposição.

Este indicador, medido em metros quadrados, permite calcular o espaço da via pública ocupado pelos contentores, que em zonas de acessibilidades estreitas e espaço na via pública limitado é um factor decisivo.

IRO.2) Secção de deposição

Este indicador representa a área disponível ou secção livre (útil) das bocas de deposição para a deposição dos resíduos, nos diferentes fluxos de deposição. Medido em centímetros quadrados, permite avaliar as diferenças na gama de secções disponível no mercado, em particular para os recipientes destinados à deposição selectiva de resíduos recicláveis, que se desenvolveram para se adaptarem às dimensões destes fluxos de resíduos, limitando a deposição de contaminantes pela geometria e dimensão que assumem.

IRO.3) Altura de deposição

Este indicador é definido pela altura a que os resíduos são depositados no contentor (medida desde o pavimento até à boca ou abertura destinada à deposição de resíduos). Este indicador é uma medida de acessibilidade do recipiente, em particular para crianças, pessoas com estatura reduzida, idosos, ou deficientes motores.

IRO.4) Capacidade líquida do contentor

A capacidade real de armazenamento resulta da diferença entre o volume total do contentor e o volume não disponível, calculado de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.3. Este indicador é fundamental para o correcto dimensionamento dos sistemas de recolha, uma vez que dá a real

capacidade de armazenamento dos recipientes, que pode ser consideravelmente distinta da capacidade bruta indicada pelos fornecedores dos equipamentos.

IRO.5) Volume não útil

Este indicador resulta da diferença, calculada em percentagem, entre a capacidade líquida obtida no indicador anterior e a capacidade total geométrica, do recipiente.

IRO.6) Capacidade de armazenamento por metro quadrado

Este indicador relaciona a capacidade líquida de armazenamento do recipiente (indicador IRO.5) com a área de implantação (indicador IRO.1) que o recipiente ocupa no espaço público para garantir essa capacidade.

$$\text{Capacidade líquida por metro quadrado} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right) = \frac{\text{Capacidade líquida do recipiente}}{\text{Área de implantação}}$$

Equação IV-1

Os indicadores IRO.1 a IRO.6 (excepto o IRO. 4) não se aplicam aos recipientes com acrónimo S,WoW,WoC,WoCo (Chave = 1.1.1,1.2.2.2,1.3.2,1.5.1), que são os equipamentos tipo 1, nomeadamente sacos e baldes utilizados nos sistemas de recolha porta-a-porta, onde os recipientes estão habitualmente instalados em área privada, sendo colocados em espaço público apenas nos dias e períodos indicados.

Em relação aos indicadores operacionais relativos às viaturas, foram definidos os seguintes.

IVO.1) Volume da caixa da viatura

Este indicador dá a cubicagem da caixa da viatura, isto é, do local destinado ao armazenamento de resíduos para transporte (sem qualquer factor de compactação), medido em metros cúbicos.

IVO.2) Peso líquido máximo legal

O peso líquido máximo legal de resíduos transportados pela viatura resulta da diferença entre o Peso bruto máximo legal (de livrete) e a Tara (peso da viatura vazia), em toneladas.

$$\text{Peso Líquido Máximo Legal (t)} = \text{Peso Bruto Máximo Legal} - \text{Tara}$$

Equação IV-2

IVO.3) Alcance máximo da grua

Este indicador é a medida da distância máxima de alcance da grua (entre a base da grua e a ponta), em metros, indicada pelo fabricante.

IVO.4) Capacidade máxima da grua

Este indicador é definido pelo peso máximo suportado pela grua indicado pelo fabricante, em toneladas.

IVO.5) Capacidade de carga no alcance máximo da grua

Este indicador é definido pelo peso máximo suportado pela grua na sua distância máxima de alcance

(indicador IOV.4), em toneladas. Este indicador é útil em particular quando a viatura se destina à recolha de recipientes subterrâneos de grande capacidade, e fluxos de resíduos com elevados pesos específicos em contentor, como é o caso do vidro ou resíduos orgânicos e quando a distância do eixo da via aos equipamentos é maior que o habitual (situações em que a viatura, por diversos motivos, não pode colocar-se junto dos equipamentos durante a operação de recolha), ficando a sua capacidade de carga comprometida.

IVO.6 e IVO.7) Largura da viatura e raio de curvatura

Estes indicadores resultam do dos raios mínimos de curvatura e largura (máxima, de circulação) indicados pelo fabricante da viatura, em metros, que podem, tal como no caso do indicador de recipiente IRO.1, ser determinantes em zonas de acessibilidades estreitas, com condicionantes à circulação de viaturas pesadas.

O conhecimento do espaço que a viatura de recolha ocupa quando realiza uma dada trajectória, a partir do raio de curvatura que consegue descrever e da largura (medidos em metros) que ocupa quando descreve esse raio (Figura IV-65), é assim imprescindível ao dimensionamento de circuitos de acordo com as características das vias de circulação.

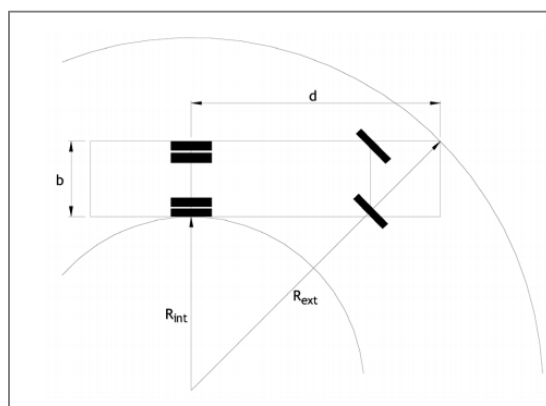


Figura IV-65: Trajectória de um veículo rígido em curva, raio de curvatura interior (R_{int}) e exterior (R_{ext}) e Largura da viatura (b). (Costa e Macedo, 2008)

IVO.8 e IVO.9) Altura de circulação e de operação

Tal como nos indicadores anteriores, a altura de circulação (com o elevador ou grua recolhidos), e de operação, com o elevador/grua na posição mais elevada, resultam também da interação dos sistemas de recolha com as características urbanas e infra-estruturas das cidades. Estes indicadores são medidos em metros. Os indicadores definidos acima podem ser sistematizados na Tabela IV-1.

Tabela IV-1: Indicadores Operacionais de Equipamento (Recipientes e Viaturas)

Indicadores de Equipamento Operacionais (Recipiente (IRO) e Viatura (IVO))			
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unid.
Recipiente (R)			
IRO.1	Área de implantação	Área da projecção mais larga do corpo do contentor (equipamento de superfície e semi-subterrâneo) ou da coluna de deposição (equipamento subterrâneo)	m ²
IRO.2	Secção de deposição	Secção livre (disponível/útil) das bocas de deposição para depositar resíduos	cm ²
IRO.3	Altura de deposição	Altura a que os resíduos são depositados no contentor (medida desde o pavimento até à boca de deposição) - Acessibilidade	m
IRO.4	Capacidade líquida	Capacidade real de armazenamento: o volume não disponível (ex. volume acima das bocas de deposição) é estimado e subtraído ao volume total do contentor (capacidade bruta)	m ³
IRO.5	Volume não útil	Diferença percentual entre a capacidade líquida e a bruta (indicada pelo fornecedor)	%
IRO.6	Cap. Líquida por m ²	Rácio entre a capacidade líquida do contentor e a sua área de implantação	m ³ /m ²
Viatura (V)			
IVO.1	Volume da caixa	Cubicagem da caixa da viatura para acondicionamento de resíduos	m ³
IVO.2	Peso líquido máximo	Diferença entre o Peso bruto máximo legal (de livrete) e a Tara (peso da viatura vazia)	t
IVO.3	Alcance máx. da grua	Distância máxima de alcance da grua (medida entre a base da grua e a ponta)	m
IVO.4	Capa máx. da grua	Peso máximo suportado pela grua	t

Tabela IV-1: Indicadores Operacionais de Equipamento (Recipientes e Viaturas) - continuação

Indicadores de Equipamento Operacionais (Recipiente (IRO) e Viatura (IVO))			
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unid.
Viatura (V)			
IVO.5	Cap. de carga no alcance máximo da grua	Peso máximo suportado pela grua na distância máxima de alcance de grua	t
IVO.6	Largura da viatura	Largura total da viatura (largura máxima, de circulação)	m
IVO.7	Raio de curvatura	Raio de curvatura da viatura	m
IVO.8	Altura de circulação	Altura total com elevador/grua recolhidos	m
IVO.9	Altura de operação	Altura total com elevador/grua estendidos na posição máxima (mais elevada)	m

IV.2.2.2 INDICADORES FINANCEIROS

Os indicadores financeiros de equipamento - Recipientes (IRF), Viaturas (IVF), resumem-se ao seu custo de aquisição e manutenção, uma vez que todas as restantes variáveis de custo dependem do planeamento do serviço e características específicas locais (urbanísticas, de geração e deposição de resíduos, entre outras) pelo que serão abordados no capítulo dedicado aos indicadores de serviço.

Considerando que o objectivo primordial dos recipientes é constituir um meio de acondicionamento temporário de resíduos e das viaturas o seu transporte, a sua capacidade de armazenamento é uma das variáveis que define a sua função. Os indicadores financeiros de equipamento definidos resultam assim do quociente entre o custo de aquisição e a capacidade de armazenamento, ressaltando-se que no caso das viaturas compactadoras a capacidade de armazenamento não é a efectiva mas sim apenas a correspondente à cubicagem do compactador (isto é, sem entrar com o efeito da compactação).

Neste caso, os indicadores são calculados para cada tipo de equipamento, sendo apenas calculados por fluxo de resíduo se existirem diferenças na geometria e portanto na capacidade líquida dos recipientes destinados aos diferentes fluxos de resíduos.

IRF.1) e IVF.1) Custo anual de aquisição por metro cúbico

O indicador IRF.1 resulta do quociente entre o custo de aquisição do recipiente, amortizado ao tempo de vida de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.4, e a capacidade líquida ou útil (indicador IRO.4), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

Da mesma forma, o indicador IVF.1 resulta do quociente entre o custo de aquisição da viatura, amortizado ao tempo de vida de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.4, e cubicagem da caixa da viatura (indicador IVO.1), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

IRF.2 e IVF.2) Custo anual de manutenção por metro cúbico

O indicador IRF.2 resulta do quociente entre os custos anuais de manutenção do recipiente, obtidos de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.4 (ou através de dados reais, quando disponíveis - média do somatório de todos os custos de manutenção durante o tempo de vida do equipamento), e a capacidade líquida ou útil (indicador IRO.4), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

No caso das viaturas, o indicador IVF.2 resulta do quociente entre os custos de manutenção preventiva da viatura por ano obtidos de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.4 (ou através de dados reais, quando disponíveis - média do somatório de todos os custos de manutenção durante o tempo de vida do equipamento), e a cubicagem da caixa da viatura (indicador IVO.1), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

IRF.3 e IVF.3) Custo total anual por metro cúbico

O indicador IRF.3 resulta do quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção e a capacidade líquida do recipiente (indicador IRO.4), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

Da mesma forma, o indicador IVF.3 resulta do quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção e a cubicagem da viatura (indicador IVO.1), sendo apresentado em euros ano por metro cúbico.

Estes dois indicadores reflectem os custos totais que cada metro cúbico de capacidade líquida de armazenamento custa por ano à Entidade Gestora do serviço de recolha, permitindo assim uma rápida avaliação de *benchmarking* entre equipamentos.

$$\text{Custo total anual por m}^3 \text{ (€./ano/m}^3\text{)} = \frac{\text{Custo Aquisição anual} + \text{Custo Manutenção Anual}}{\text{Capacidade líquida}}$$

Equação IV-3

Os indicadores financeiros de equipamento definidos podem ser sistematizados na Tabela IV-2.

Tabela IV-2: Indicadores Financeiros de Equipamento

Indicadores de Equipamento (Recipiente (R) e Viatura (V)), Financeiros (F)			
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unidades
Recipiente (R), Viatura (V)			
IRF.1 e IVF.1	Custo de aquisição por unidade de volume	Quociente entre o custo anual de aquisição do equipamento e a capacidade útil	€/ano/m ³
IRF.2 e IVF.2	Custo de manutenção por unidade de volume	Quociente entre o custo anual de manutenção do equipamento e a capacidade útil	€/ano/m ³
IRF.3 e IVF.3	Custo total por unidade de volume	Quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção do equipamento e a capacidade útil	€/ano/m ³

IV.2.3 INDICADORES DE SERVIÇO - RECOLHA

IV.2.3.1 INDICADORES OPERACIONAIS

No texto seguinte serão listados e definidos os indicadores de serviço operacionais (ISO) e financeiros (ISF), que apesar de não dependerem exclusivamente do equipamento e tecnologia utilizada nos sistemas, podem fornecer informação importante para a avaliação e monitorização do desempenho operacional e financeiro, assim como, quando as diferenças são significativas, fornecer resultados capazes de suportar uma análise de *benchmarking* entre diferentes sistemas de recolha. Pretendem também fornecer dados base de dimensionamento de sistemas de recolha, específicos para o sistema a aplicar.

Parte dos indicadores de serviço referem-se à fase de recolha efectiva dos circuitos de recolha, pelos motivos já apresentados. Todos os indicadores são calculados para cada tipo de equipamento ou sistema e para cada fluxo de resíduo recolhido. Os indicadores de serviço definidos para avaliar o desempenho operacional dos sistemas de recolha são os que se descrevem de seguida.

ISO.1) Peso máximo total a elevar

O Peso máximo total a suportar pelo elevador ou grua (sistemas automáticos, semi-automáticos e assistidos) ou pelo cantoneiro (manuais), resulta do peso do contentor cheio, isto é, do peso do

contentor com uma taxa de enchimento de 100%, e pode ser calculado pelo somatório entre o peso máximo de resíduos (peso líquido, com contentor cheio) e o peso do contentor vazio (tara) (Equação IV-4). Na prática, este indicador corresponde aos valores medidos durante as campanhas de pesagem de contentores realizadas durante este trabalho, mas que pode ser obtido através da desta fórmula, se se conhecer a tara do contentor, a capacidade líquida (IRO.4) e o peso específico em contentor (ISO.3).

$$\text{Peso máximo total a elevar (kg)} = \text{Peso Líquido Máximo}^{24} + \text{Tara do contentor}$$

Equação IV-4

ISO.2) Peso líquido máximo dos resíduos em contentor

O peso líquido dos resíduos com o contentor cheio, isto é, com uma taxa enchimento de 100%, é um indicador importante no dimensionamento de sistemas e circuitos de recolha e na avaliação do desempenho operacional dos sistemas, que isoladamente ou cruzado com outras variáveis, permite obter indicadores importantes. Este indicador resulta da diferença entre o Peso máximo total (indicador ISO.1) e a Tara, dado pela Equação IV-5.

$$\text{Peso Líquido máximo (kg)} = \text{Peso Total máximo} - \text{Tara}$$

Equação IV-5

ISO.3) Peso Específico dos resíduos em contentor

O peso específico dos resíduos em contentores é definido pelo quociente entre o Peso Líquido Máximo dos resíduos em contentor (indicador ISO.2), e a Capacidade Líquida do recipiente (IRO.4), sendo definido pela Equação IV-6 e medido em kg/m³. Este é um dos indicadores mais importantes na concepção e dimensionamento de sistemas de recolha, no entanto, é também um dos mais difíceis de obter, tal como á foi referido, especialmente no que respeita a dados base para cada tipo de contentor e fluxo de resíduo.

$$\text{Peso Específico (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Total máximo} - \text{Tara}}{\text{Capacidade Líquida}} = \frac{\text{Peso Líquido máximo}}{\text{Capacidade Líquida}}$$

Equação IV-6

ISO.4) Tempo de recolha unitário

O tempo de recolha é definido como o intervalo de tempo entre a paragem da viatura para recolher o recipiente (luzes stop acesas) e o seu arranque para o próximo ponto de recolha. Nos pontos de recolha onde é recolhido mais do que um recipiente, o tempo de recolha unitário resulta do quociente entre o tempo total de recolha por ponto, e o número de recipientes recolhidos (Equação IV-7).

$$\text{Tempo de Recolha (min)} = \frac{\text{Tempo de recolha total por paragem}}{\text{Número de contentores recolhidos}}$$

Equação IV-7

ISO.5) Capacidade recolhida por unidade de tempo

A capacidade recolhida por unidade de tempo é um indicador de desempenho operacional por excelência, uma vez que o factor tempo é uma das variáveis que deve ser otimizada, para a mesma quantidade (em volume ou peso) de resíduos. Resulta do quociente entre o volume do recipiente (ou

capacidade líquida, IRO.4) e o tempo de recolha unitário (ISO.4), e é medido em m³/min.

$$\text{Capacidade recolhida por minuto (m}^3\text{/min)} = \frac{\text{Capacidade Líquida}}{\text{Tempo de recolha unitário}}$$

Equação IV-8

ISO.6) Peso máximo recolhido por unidade de tempo

À semelhança do indicador anterior, a quantidade de resíduos recolhida por unidade de tempo é também um indicador de performance operacional. Este indicador resulta do quociente entre a quantidade máxima recolhida (ISO.2) e o tempo de recolha unitário (ISO.4) e é medido em kg/min.

$$\text{Peso máximo recolhido por minuto (kg/min)} = \frac{\text{Peso Líquido máximo}}{\text{Tempo de recolha unitário}}$$

Equação IV-9

ISO.7) Tempo de descarga da viatura

Este indicador é definido pelo intervalo de tempo do momento em que é accionado o sistema de descarga da viatura até ao fim desta operação (depois de fechar a caixa, quando a viatura volta a estar em “modo de circulação”). Este indicador está directamente relacionado com o tipo taxonómico de viatura utilizada: é um indicador de *benchmarking* que permite comparar viaturas apesar de depender da equipa e do tipo e quantidade de resíduos descarregados, pelo que se trata de um indicador de serviço e não de equipamento.

ISO.8) Sobre peso na Viatura

O Sobre peso percentual da viatura permite obter a diferença entre o Peso líquido máximo legal (de livrete) e o Peso líquido máximo real resultante dos registos de pesagens, num intervalo de tempo a definir em função dos objectivos. Este indicador de monitorização do serviço é útil quer em termos legais, para verificar o cumprimento da legislação, quer em termos de manutenção da viatura, uma vez que nem sempre as caixas estão bem dimensionadas para o chassis, ou adaptadas à recolha de um determinado fluxo de resíduo, ultrapassando o limite legal e gerando desgaste (na suspensão, entre outros problemas), pelo que deve ser monitorizado. Se este indicador for negativo estamos a ultrapassar o limite legal e se estiver muito acima de zero não estamos a otimizar a capacidade daquela caixa. O resultado é apresentado em percentagem.

$$\text{Sobre peso (\%)} = \frac{\text{Peso Líquido Máximo Legal} - \text{Peso Líquido Máximo Real}}{\text{Peso Líquido Máximo Legal}} \times 100$$

Equação IV-10

ISO.9) Quantidade recolhida por tempo de recolha efectivo

Este indicador resulta do quociente entre a média do peso das descargas e o tempo de recolha efectivo por circuito. É calculado por circuito e fluxo de resíduo e apresentado em kg/min.

ISO.10) Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre a média do peso das descargas e a distância de recolha efectiva por circuito. É calculado por circuito e fluxo de resíduo e apresentado em kg/km.

ISO.11) Quantidade recolhida por tempo de recolha total

Este indicador resulta do quociente entre a média do peso das descargas e o tempo de recolha total por circuito. Apesar de não constituir um indicador de *benchmarking* entre sistemas de recolha, uma vez que inclui fases de transporte e não produtivas que dependem das características da zona a servir e de organização do serviço, é um indicador útil para a monitorização do sistema. Este indicador é calculado por circuito e fluxo de resíduo e apresentado em kg/min.

ISO.12) Quantidade recolhida por distância de recolha total

Este indicador resulta do quociente entre a média do peso das descargas e da distância de recolha efectiva por circuito. Não é um indicador de *benchmarking* mas é útil para a monitorização do sistema. É calculado por circuito e fluxo de resíduo e apresentado em kg/km.

ISO.13) Volume recolhido por tempo de recolha efectivo

Este indicador resulta do quociente entre o volume médio recolhido- que resulta do produto entre o número médio de contentores recolhidos por circuito naquele sistema e a capacidade líquida dos recipientes, e o tempo de recolha efectivo por circuito. É calculado por circuito de recolha e apresentado em m³/min.

ISO.14) Volume recolhido por distância de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre o volume médio recolhido- que resulta do produto entre o número médio de contentores recolhidos por circuito naquele sistema e a capacidade líquida dos recipientes, e a distância de recolha efectiva por circuito. Este indicador é calculado por circuito e é apresentado em m³/km.

ISO.15) Velocidade média de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre a distância efectiva de recolha e o tempo de recolha efectivo, por circuito, sendo apresentado em km/h.

ISO.16) Quantidade recolhida por recipiente

Este indicador resulta do quociente entre a quantidade média descarregada por circuito e o número médio de recipientes recolhidos para o sistema em questão. Este indicador é calculado por fluxo de resíduo e circuito de recolha, sendo apresentado em kg/unidade.

ISO.17) Taxa de enchimento dos recipientes

Este rácio resulta do quociente entre a quantidade recolhida (descarga na central) e o volume total recolhido – que resulta do produto entre o número de recipientes recolhidos e a sua capacidade líquida, com os valores de peso específico em contentor. Este indicador de monitorização do circuito, é calculado para cada circuito e apresentado em percentagem.

ISO.18) Quantidade recolhida por ponto

Este indicador resulta do quociente entre a quantidade média descarregada por circuito e o número médio de pontos recolhidos. É calculado por fluxo de resíduo e circuito, expresso em kg/unidade.

ISO.19) Quantidade recolhida por capacidade da viatura (Rentabilização do parque de viaturas)

Indicador que mede a rentabilização do parque de viaturas, é dado pelo quociente entre a quantidade, em peso, descarregada por volta e a capacidade volumétrica da viatura. É calculado por circuito e dado em kg/m³.

ISO.20) Volume recolhido por capacidade da viatura

Este indicador de monitorização do sistema, resulta do quociente entre a quantidade, em volume, descarregada na central por volta e a capacidade volumétrica da viatura, sendo apresentado em metros cúbicos por metro cúbico. Este indicador daria a taxa de compactação da viatura se os contentores fossem todos recolhidos com taxas de enchimento de 100%.

ISO.21) Contentores recolhidos por tempo de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre o número total de contentores recolhidos no circuito e o tempo de recolha efectivo, apresentado em unidades/min.

ISO.22) Pontos recolhidos por tempo de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre o número total de pontos recolhidos no circuito e o tempo de recolha efectivo, apresentado em unidades/min.

ISO.23) Contentores recolhidos por distância de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre o número total de contentores recolhidos no circuito e a distância de recolha efectiva, apresentado em unidades/km.

ISO.24) Pontos recolhidos por distância de recolha efectiva

Este indicador resulta do quociente entre o número total de pontos recolhidos no circuito e a distância de recolha efectiva, apresentado em unidades/km.

ISO.25) Peso percentual do tempo de recolha no tempo de recolha efectivo

Este indicador resulta do quociente entre o tempo total de recolha de contentores (produto do tempo de recolha unitário com o número de contentores recolhidos) e o tempo de recolha efectivo do circuito, apresentado em percentagem.

ISO.26) Peso percentual do tempo entre contentores no tempo de recolha efectivo

Este indicador constitui o peso percentual que o tempo total entre contentores (diferença entre o tempo de recolha efectivo e o tempo de total de recolha dos contentores) no tempo de recolha efectivo do circuito, apresentado em percentagem.

ISO.27) Distância média entre pontos de recolha

Este indicador é o quociente entre a distância efectiva de recolha e o número de pontos de recolha, menos um, sendo calculado por circuito e apresentado em km.

ISO.28) Coeficiente de concentração do circuito

Este indicador resulta do quociente entre a distância efectiva de recolha e a distância total do circuito, sendo adimensional. Quando mais próximo estiver da unidade, mais “concentrado” é o circuito, isto é, mais próxima está a área servida pelo circuito do parque de viaturas e central de tratamento. Não é um indicador de *benchmarking* nem de monitorização, sendo no entanto útil para contextualizar resultados de indicadores que utilizem dados relativos a tempos e distâncias totais dos circuitos.

ISO.29) Peso percentual do tempo de recolha efectiva (Indicador de Planeamento)

Semelhante ao factor de concentração mas relativo aos tempos, este indicador resulta do quociente entre o tempo de distância efectiva de recolha e o tempo total do circuito, sendo um indicador adimensional, dado em percentagem.

ISO.30) Consumo médio de combustível aos 100 km

Este indicador resulta das médias anuais dos consumos de combustível (e.g. gasóleo, GNC, biodiesel) por viatura, podendo ser calculado por viatura e circuito, em função dos objectivos definidos. É um indicador de *benchmarking*, porque permite comparar os consumos dos diferentes tipos taxonómicos de viaturas, apesar de sofrer influencia também da zona de serviço. É também um indicador de monitorização e um dado de *input* imprescindível na avaliação de custos do serviço. Este indicador é apresentado em l ou m³ por 100 km.

ISO.31) Consumo médio de combustível por tonelada recolhida

Este indicador resulta do razão entre os l ou m³ de gasóleo/gasolina/biodiesel de gás natural comprimido (GNC) consumidos (calculado pelo produto da média aos 100 km com a distância percorrida) e a quantidade média recolhida por circuito, sendo apresentado em l ou m³/t.

ISO.32) Dimensão da equipa de recolha

A dimensão da equipa de recolha é dada pelo número de trabalhadores total que é utilizado durante o serviço de recolha. Este indicador, apresentado em unidades (n.º de trabalhadores), está directamente relacionado com o sistema de acoplamento contentor-viatura e método de recolha, sendo decisivo no apuramento de custos do sistema de recolha.

Os indicadores de serviço operacionais definidos acima podem ser sistematizados na Tabela IV-3.

Tabela IV-3 – Indicadores operacionais de serviço

Indicadores de Serviço (S)			
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unid.
ISO.1	Peso máximo total a elevar	Peso do conjunto dos resíduos e recipiente com uma taxa de enchimento de 100%	kg
ISO.2	Peso líquido máximo dos resíduos	Peso Líquido Máximo: a Tara é subtraída ao Peso máximo total (ISO.1)	kg
ISO.3	Peso específico dos resíduos no contentor	Rácio entre o peso líquido máximo (ISO.1) e a Capacidade Líquida do contentor (IRO.4)	kg/m ³
ISO.4	Tempo de recolha unitário	Intervalo de tempo entre a paragem da viatura para recolher o recipiente e o seu arranque.	min
ISO.5	Capacidade recolhida por unidade de tempo	Rácio entre a capacidade líquida do contentor e o tempo de recolha	m3/min
ISO.6	Peso máximo recolhido por unidade de tempo	Rácio entre o peso máximo líquido e o tempo de recolha	kg/min
ISO.7	Tempo de descarga da viatura	Tempo que a viatura demora a descarregar a cuba na central	min
ISO.8	Sobrepeso Percentual	Diferença entre o Peso líquido máximo legal (de livrete) e o Peso líquido máximo real (registos de pesagens)	%
ISO.9	Quantidade recolhida por tempo de recolha efectivo	Quociente entre o peso das descargas e o tempo de recolha efectivo por circuito	kg/min
ISO.10	Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva	Quociente entre o peso das descargas e a distância de recolha efectiva por circuito	kg/km
ISO.11	Quantidade recolhida por tempo de recolha total	Quociente entre o peso médio das descargas e a média da distância total por circuito	kg/min
ISO.12	Quantidade recolhida por distância de recolha total	Quociente entre o peso médio das descargas e a média da distância total por circuito	kg/km
ISO.13	Volume recolhido por tempo de recolha efectivo	Quociente entre o volume médio recolhido (n.º de contentores * capacidade líquida) e o tempo de recolha efectivo por circuito	m ³ /min
ISO.14	Volume recolhido por distância de recolha efectiva	Quociente entre o volume médio recolhido (n.º de contentores * capacidade líquida) e a distância de recolha efectiva por circuito	m ³ /km
ISO.15	Velocidade média de recolha efectiva	Quociente entre a distância efectiva de recolha e o tempo de recolha efectivo	km/h
ISO.16	Quantidade recolhida por recipiente	Quociente entre a quantidade descarregada por circuito e o número de recipientes recolhidos (Nr)	kg/cont
ISO.17	Taxa de enchimento dos recipientes	Rácio entre o Quociente da quantidade recolhida (descarga na central) e o volume recolhido (Nr x capacidade líquida), com os valores de peso específico em contentor	%
ISO.18	Quantidade recolhida por ponto	Quociente entre a quantidade descarregada por circuito e o número de pontos recolhidos	kg/cont
ISO.19	Quantidade recolhida por cubicagem da viatura	Quociente entre a quantidade descarregada por volta e a capacidade volumétrica da viatura	kg/m ³
ISO.20	Volume recolhido por capacidade da viatura	Quociente entre o volume total de contentores recolhidos no circuito e a capacidade volumétrica da viatura	m ³ /m ³
ISO.21	Contentores recolhidos por tempo de recolha efectiva	Quociente entre o número total de contentores recolhidos no circuito e o tempo de recolha efectivo	unid/min

Tabela IV-3 – Indicadores operacionais de serviço (continuação)

Indicadores de Serviço (S)			
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unid.
ISO.22	Pontos recolhidos por tempo de recolha efectiva	Quociente entre o número total de pontos recolhidos no circuito e o tempo de recolha efectivo	unid/min
ISO.23	Recipientes recolhidos por distância de recolha efectiva	Quociente entre o número total de recipientes recolhidos no circuito (Nr) e a distância de recolha efectiva	unid/km
ISO.24	Pontos recolhidos por distância de recolha efectiva	Quociente entre o número total de pontos recolhidos no circuito e a distância de recolha efectiva	unid/km
ISO.25	Peso % do tempo de recolha no Tempo de recolha efectivo	Peso percentual do tempo total de recolha de recipientes (tempo de recolha unitário * Nr) no Tempo de recolha efectivo do circuito	%
ISO.26	Peso % do tempo entre contentores no Tempo de recolha efectivo	Peso % do tempo total entre recipientes (tempo de recolha efectivo - tempo de total de recolha dos recipientes) no Tempo de recolha efectivo do circuito	%
ISO.27	Distância média entre contentores	Quociente entre a distância de recolha efectiva e o número de pontos de recolha -1	km
ISO.28	Coefficiente de concentração do circuito	Quociente entre a distância efectiva de recolha e a distância total do circuito	-
ISO.29	Peso percentual do tempo de recolha efectiva	Quociente entre o tempo de recolha efectiva e o tempo total do circuito	-
ISO.30	Consumo médio de combustível aos 100 km	Médias anuais dos consumos de gasóleo e GNC por viatura	l/100km ou m3/100km
ISO.31	Consumo de combustível por tonelada recolhida	Quociente entre o número de litros de gasóleo/m3 de GN consumidos (média aos 100 km * distância percorrida) e a quantidade recolhida	l/t ou m3/t
ISO.32	Dimensão da equipa de recolha	Número total de trabalhadores necessários	unid.

IV.2.3.2 INDICADORES FINANCEIROS

Os indicadores financeiros de serviço (ISF) resultam essencialmente dos custos de aquisição, manutenção dos equipamentos, dos consumíveis e de mão-de-obra, que se podem determinar: (i) em termos absolutos, isto é, para os custos de aquisição e manutenção do recipiente e viatura por unidade de peso que este equipamento é capaz de armazenar, (ii) aferindo os custos totais (contentores e viatura) à dimensão média de um circuito (número médio de contentores recolhidos por circuito), constituindo assim um indicador de serviço do sistema de recolha em análise, (iii) ou relacionar com a variável que mede o desempenho operacional, isto é, com a quantidade de resíduos recolhidos, de forma a serem comparáveis. Neste caso, a quantidade de resíduos é uma quantidade potencial, que resulta da média das quantidades recolhidas por circuito durante um ano para cada um dos sistemas vezes o número de vezes que a viatura pode sair (*i.e.* 2 circuitos/dia, 6 vezes por semana, 52 semanas por ano). Assume-se o mesmo pressuposto teórico para todos os sistemas, para que os custos sejam comparáveis.

Os indicadores financeiros são calculados para cada tipo de equipamento (recipiente ou viatura), para o conjunto dos três recipientes que formam o ecoponto (para simplificação da análise e porque habitualmente o sistema de recolha instalado é igual para todas as valências de recolha selectiva), ou para o sistema (conjunto do recipiente e viatura) e para cada fluxo de resíduo recolhido, se aplicável.

Os primeiros três indicadores que se irão definir são Indicadores de Serviço Financeiros calculados para o equipamento (contentores ou viaturas) (ISRF e ISVF), aferidos à unidade de peso que os

mesmos conseguem armazenar. Isto é, são indicadores que relacionam os custos dos equipamentos (de aquisição, de manutenção e totais) com a quantidade em peso, em vez de em volume, como no caso dos indicadores de equipamento financeiros IRF e IVF já apresentados.

Os restantes são Indicadores de Serviço “de Sistema” Financeiros (ISSF), isto é, indicadores que resultam da organização do serviço de recolha em circuitos, assumindo como pressuposto uma determinada quantidade de contentores recolhidos por circuito e uma determinada quantidade potencial de resíduos recolhida por ano.

ISRF.1 e ISVF.1) Custo anual de aquisição do recipiente ou viatura por unidade de peso.

À semelhança dos indicadores de Equipamento Financeiros de recipiente e de viatura (IRF e IVF), estes indicadores resultam do quociente entre o custo de aquisição de um recipiente ou de uma viatura, com a capacidade líquida de armazenamento do recipiente ou capacidade líquida máxima legal da viatura, respectivamente.

ISRF.2 e ISVF.2) Custo total anual por unidade de peso

O indicador ISRF.2 resulta do quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção e o peso líquido máximo dos resíduos no recipiente (indicador ISO.2), sendo apresentado em euros ano por quilograma.

Da mesma forma, o indicador ISVF.2 resulta do quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção e o peso líquido máximo legal da viatura (indicador IVO.2), sendo apresentado em euros ano por tonelada.

Os custos anuais de manutenção dos recipientes e de manutenção preventiva da viatura são obtidos de acordo com a metodologia descrita no capítulo III.3.4 (ou através de dados reais, quando disponíveis - média do somatório de todos os custos de manutenção durante o tempo de vida do equipamento).

Estes dois indicadores reflectem os custos totais que cada unidade de peso de capacidade de carga dos recipientes e viaturas custa por ano à Entidade Gestora do serviço de recolha, permitindo assim uma rápida avaliação de *benchmarking* entre equipamentos.

$$\text{Custo total anual por unidade de peso} = \frac{\text{Custo Aquisição anual} + \text{Custo Manutenção Anual}}{\text{Peso líquido}}$$

Equação IV-11

Considerando que a aquisição dos recipientes para implementação de um sistema de recolha é feita habitualmente no conjunto dos fluxos de recolha a recolher selectivamente, os indicadores ISRF.1 e ISRF.2 podem ser calculados para o conjunto de três recipientes que formam o ecoponto (ou dois, no caso da recolha porta-a-porta de Lisboa, para os recipientes C10 e C11).

ISSF.1) Custo de aquisição do sistema

O custo de aquisição do sistema resulta do somatório do custo anual de aquisição dos contentores recolhidos num circuito de recolha (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) com os custos de aquisição da viatura. Este indicador é apresentado em €/ano.

ISSF.2) Custo de manutenção do sistema

O custo de manutenção do sistema resulta do somatório do custo anual de manutenção dos contentores recolhidos num circuito de recolha (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) com os custos de manutenção anuais da viatura. É apresentado em €/ano.

ISSF.3) Custo total do sistema

O custo total do sistema resulta do somatório do custo anual de aquisição do sistema (indicador ISSF.1) com o custo anual de manutenção do sistema (ISSF.2). Este indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano .

Este indicador reflecte os custos totais que a Entidade Gestora do serviço de recolha tem que suportar, em absoluto para ter o sistema em questão a funcionar, permitindo assim um rápido *benchmarking* de custos entre diferentes sistemas de recolha.

ISSF.4) Custo de aquisição do sistema por tonelada

Este indicador resulta do quociente entre o custo anual de aquisição do sistema (Indicador ISSF.1) e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano, que assume a quantidade média de resíduos recolhidos por circuito por fluxo de resíduo, para uma frequência de recolha máxima potencial de dois turnos por dia, 6 dias por semana, 52 semanas por ano. Este indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano.

ISSF.5) Custo de manutenção do sistema por tonelada

À semelhança do indicador anterior, este indicador resulta do quociente entre o custo anual de manutenção do sistema (Indicador ISSF.2) e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano, que assume a quantidade média de resíduos recolhidos por circuito por fluxo de resíduo, para uma frequência de recolha máxima potencial de dois turnos por dia, 6 dias por semana, 52 semanas por ano. Este indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano.

ISSF.6) Custo com recursos humanos por tonelada

Para obter o custo anual com recursos humanos por tonelada recolhida multiplica-se o custo hora da equipa (valores médios para os três municípios, por tipo de equipa – um, dois ou três elementos) pela quantidade máxima potencial recolhida (assumindo uma utilização teórica dos meios de dois circuitos por dia, seis vezes por semana, 52 semanas por ano), por sistema e fluxo de resíduo.

ISSF.7) Custo com combustíveis por tonelada

O cálculo do custo anual médio de combustível por tonelada recolhida, resulta do quociente entre o consumo médio de combustível e a quantidade máxima potencial, que é obtida fazendo a média da quantidade descarregada dos circuitos do mesmo sistema e fluxo de resíduo (vidro, papel/cartão e plástico/metal) e assumindo o mesmo pressuposto teórico de frequência de serviço de recolha assumido em 5). O indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano .

ISSF.8) Custos de exploração do sistema por tonelada

Este indicador é calculado pelo quociente entre o somatório do custo anual de manutenção, custo anual de recursos humanos e custo anual de combustível do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano. O indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano.

$$\text{Custos Exploração do Sistema por tonelada} = \frac{\text{Custo Manutenção} + \text{Custo RH} + \text{Custo Combustível}}{\text{Peso máximo potencial recolhido num ano}}$$

Equação IV-12

ISSF.9) Custo total do sistema por tonelada

Este indicador é calculado pelo quociente entre o somatório do custo anual de aquisição (Indicador ISSF.1) e o custo anual de exploração do sistema (Indicador ISSF.1), e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano. O indicador é calculado por sistema e fluxo de resíduo e apresentado em €/t.ano.

$$\text{Custo Total do Sistema por tonelada} = \frac{\text{Custo de Aquisição} + \text{Custo de Exploração}}{\text{Peso máximo potencial recolhido num ano}}$$

Equação IV-13

Os indicadores de serviço financeiros definidos acima foram sistematizados na Tabela IV-4.

Tabela IV-4: Indicadores de Serviço Financeiros

Indicadores de Serviço (S) de Recipiente (R) ou Viatura (V), Financeiros (F)			
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unidades
ISRF.1 e ISVF.1	Custo de aquisição por unidade de peso	Quociente entre o custo anual de aquisição do equipamento e a quantidade líquida máxima armazenada	€/ano.kg ou €/ano.t
ISRF.2 e ISVF.2	Custo total por unidade de peso	Quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção e a quantidade líquida máxima armazenada	€/ano.kg ou €/ano.t
Indicadores de Serviço (S) de Sistema (S), Financeiros (F)			
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unidades
ISSF.1	Custo de aquisição do sistema	Somatório do custo anual de aquisição dos contentores (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) e da viatura	€/ano
ISSF.2	Custo de manutenção do sistema	Somatório do custo anual de manutenção dos contentores (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) e da viatura	€/ano
ISSF.3	Custo total do sistema	Somatório dos custos anuais de aquisição e dos custos anuais de manutenção do sistema	€/ano
ISSF.4	Custo de aquisição do sistema por tonelada	Quociente entre o custo anual de aquisição do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t
ISSF.5	Custo de manutenção do sistema por tonelada	Quociente entre o custo anual de manutenção do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t
ISSF.6	Custo de recursos humanos por tonelada	Quociente entre o custo anual com recursos humanos do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t
ISSF.7	Custo de combustíveis por tonelada	Quociente entre o custo anual de manutenção do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t
ISSF.8	Custos de exploração do sistema por tonelada	Quociente entre o somatório do custo anual de manutenção, de recursos humanos e de combustível do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t
ISSF.9	Custo total do sistema por tonelada	Quociente entre o somatório do custo anual de aquisição e de exploração do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano.	€/ano.t

IV.2.4 INDICADORES DE SERVIÇO - LAVAGEM

IV.2.4.1 INDICADORES OPERACIONAIS E FINANCEIROS DE LAVAGEM DE RECIPIENTES

ISLrO.1) Tempo de lavagem efectivo por recipiente

Este indicador resulta do quociente entre o tempo de lavagem efectivo do circuito de lavagem e o número de recipientes lavados, por tipo taxonómico e sistema de lavagem (manual ou automático), sendo apresentado em min.

ISLrO.2) Tempo de lavagem unitário

Este indicador resulta da média dos tempos de lavagem por recipiente, que se inicia quando a viatura pára para iniciar a lavagem e termina quando a viatura arranca para o próximo ponto. À semelhança do tempo de recolha unitário (indicador ISO.4), quando é lavado mais do que um recipiente por ponto, o tempo cronometrado é dividido pelo número de contentores lavados. Este indicador é calculado por tipo de recipiente e sistema de lavagem (automática ou manual), e apresentado em min.

ISLrO.3) Tempo de abastecimento da viatura com água, por recipiente

Este indicador resulta do quociente entre o tempo de abastecimento da viatura com água limpa e o número de recipientes lavados com essa água, pelo sistema de lavagem automático ou manual. Este indicador permite aferir diferenças nos consumos de tempo (e consequentemente de h/homem - custos com RH), sendo calculado por tipo de recipiente e sistema de lavagem.

ISLrO.4) Consumo de água por recipiente

Este indicador resulta do quociente entre o volume de água limpa consumida e o número de recipientes lavados com essa água, pelo sistema de lavagem automático ou manual. Permite aferir diferenças nos consumos de água, que permite fazer comparações em termos económicos e ambientais, sendo calculado por tipo de recipiente e sistema de lavagem, e apresentado em m³.

ISLrO.5) Consumo de detergentes/desinfectantes

Este indicador resulta do quociente entre o volume de produtos detergentes consumidos e o número de recipientes lavados com essa água, pelo sistema de lavagem automático ou manual. Este indicador permite aferir diferenças nos consumos de água, que permite fazer comparações em termos económicos e ambientais, sendo calculado por tipo de recipiente e sistema de lavagem, e apresentado em l.

ISLrF.1) Custo total unitário da lavagem do recipiente

Este indicador resulta do somatório dos seguintes custos unitários (por recipiente):

- Custo unitário com recursos humanos: produto do custo/h da equipa (em função da dimensão da equipa de lavagem) com o tempo consumido por recipiente, obtido em *ISLrO.2* e em *ISLrO.3*);
- Custo unitário com consumíveis: somatório do produto do custo/m³ de água com a água consumida por recipiente (obtida em *ISLrO.4*), com o produto do custo por litro dos detergentes com o consumo de detergentes por recipiente lavado (obtido em *ISLrO.5*) e com o produto do custo por litro dos combustíveis, com o consumo de combustível por recipiente lavado;
- Custo unitário com a aquisição e manutenção da viatura de lavagem (no caso da lavagem

automática) ou do conjunto da viatura, reservatório de água, compressor e máquina de lavagem a alta pressão (no caso da lavagem manual), por recipiente lavado, considerando o custo anual amortizado ao tempo de vida útil dos equipamentos, e uma utilização potencial dos equipamentos (dois turnos por dia, seis dias por semana, 52 semanas por ano).

Os indicadores operacionais e financeiros do serviço de lavagem de recipientes estão listados na .

Tabela IV-5.

Tabela IV-5: Indicadores do Serviço de Lavagem de Recipientes

Indicadores de Serviço de Lavagem de Recipientes (SLr)			
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unid.
Indicadores Operacionais			
ISLrO.1	Tempo de lavagem efectivo por recipiente	Quociente entre o tempo de lavagem efectivo do circuito de lavagem e o Número de recipientes (Nr) lavados	min/unid
ISLrO.2	Tempo de lavagem unitário	Intervalo de tempo desde a paragem da viatura para iniciar a lavagem até arrancar para o próximo ponto	min/unid
ISLrO.3	Tempo de abastecimento da viatura com água por recipiente	Quociente entre o tempo de abastecimento da viatura com água limpa e o Nr lavados	min/unid
ISLrO.4	Consumo de água por recipiente	Quociente entre o volume de água limpa consumida e o Nr lavados	m ³ /unid
ISLrO.5	Consumo de detergentes/desinfectantes	Quociente entre o volume de produtos detergentes consumidos e o Nr lavados	l/unid
Indicadores Financeiros			
ISLrF.1	Custo total unitário da lavagem do recipiente	Dados contabilidade e ISLrO.1, ISLrO.2 e ISLrO.3, ISLrO.4 e ISLrO.5.	€/unid

IV.2.4.2 INDICADORES OPERACIONAIS E FINANCEIROS DE LAVAGEM DE VIATURAS

ISLvO.1) Tempo de lavagem por viatura

Este indicador define o intervalo de tempo que se inicia com o arranque da operação de lavagem da viatura (automática, mista ou manual), e termina quando a viatura está lavada. O indicador é apresentado em min.

ISLvO.2) Consumo de água por viatura

Consumo de água limpa por cada operação de lavagem de uma viatura. Este indicador permite avaliar as diferenças no consumo de água por tipo de viatura, que permite fazer comparações em termos económicos e ambientais, sendo apresentado em m³, por tipo de viatura e sistema de lavagem.

ISLvO.3) Consumo de detergentes por viatura

Consumo total de produtos detergentes/desinfectantes por cada operação de lavagem de uma viatura. Este indicador permite avaliar as diferenças no consumo de detergentes por tipo de viatura, que permite fazer comparações em termos económicos e ambientais, sendo apresentado em litros, por tipo de viatura e sistema de lavagem.

ISLvF.1) Custo total unitário de lavagem da viatura

Este indicador resulta do somatório dos seguintes custos unitários:

- Custo unitário com recursos humanos: produto do custo/hora da equipa (em função da dimensão da equipa de lavagem) com o tempo consumido por viatura, obtido em *ISLvO.1*, em €/unidade;
- Custo unitário com consumíveis: somatório do produto do custo por metro cúbico de água como volume de água consumida por viatura (obtida em *ISLvO.2*), com o produto do custo por litro dos detergentes com o consumo de detergentes por viatura (obtido em *ISLvO.3*), sendo apresentado em €/unidade.

Optou-se por não incluir na determinação de custos os consumos eléctricos, equipamentos ou com infra-estruturas (instalações, portais de lavagem), uma vez que o objectivo não foi o de determinar um valor de custo total em absoluto, mas sim comparar sistemas (estas variáveis iriam reflectir as condições particulares da área de serviço, sistema e organização do serviço de lavagem de viaturas).

Os indicadores operacionais e financeiros do serviço de lavagem de viaturas estão listados na Tabela IV-6.

Tabela IV-6: Indicadores do Serviço de Lavagem de Viaturas

Indicadores de Serviço de Lavagem de Viaturas (SLv)			
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unidades
Indicadores Operacionais			
ISLvO.1	Tempo de lavagem por viatura	Intervalo de tempo que se inicia com o arranque da operação de lavagem da viatura	min/unid
ISLvO.2	Consumo de água por viatura	Consumo de água limpa por cada operação de lavagem de uma viatura	m ³ /unid
ISLvO.3	Consumo de detergentes por viatura	Consumo total de produtos detergentes/desinfectantes por cada operação de lavagem de uma viatura.	l/unid
Indicadores Financeiros			
ISLvF.1	Custo total unitário da lavagem	Dados contabilidade ISLvO.1, ISLvO.2 e ISLvO.3	€/unid

IV.3 MODELO DE CLASSIFICAÇÃO E BENCHMARKING DE SISTEMAS DE RECOLHA (MCBSR)

Tal como indicado no capítulo III.4, o MCBSR proposto constitui um sistema de apoio à decisão, onde as entradas são as características taxonómicas dos sistemas (contentores e viaturas) e as variáveis chave e as saídas são a classificação taxonómica do sistema e os resultados dos indicadores.

Este modelo tem três fases, que se sistematizam na Figura IV-66. O primeiro passo é identificar o problema ou objectivo da análise, que corresponde à Fase I.

Foram sistematizados quatro objectivos principais que o modelo deve cumprir:

- 1) Apoiar na selecção do sistema → Indicadores de Benchmarking e de Orçamentação;
- 2) Apoiar na concepção dos equipamentos → Indicadores de Concepção;
- 3) Apoiar nos projectos de sistemas → Ind. de Planeamento e de Dimensionamento;
- 4) Apoiar na monitorização do serviço → Indicadores de Monitorização.

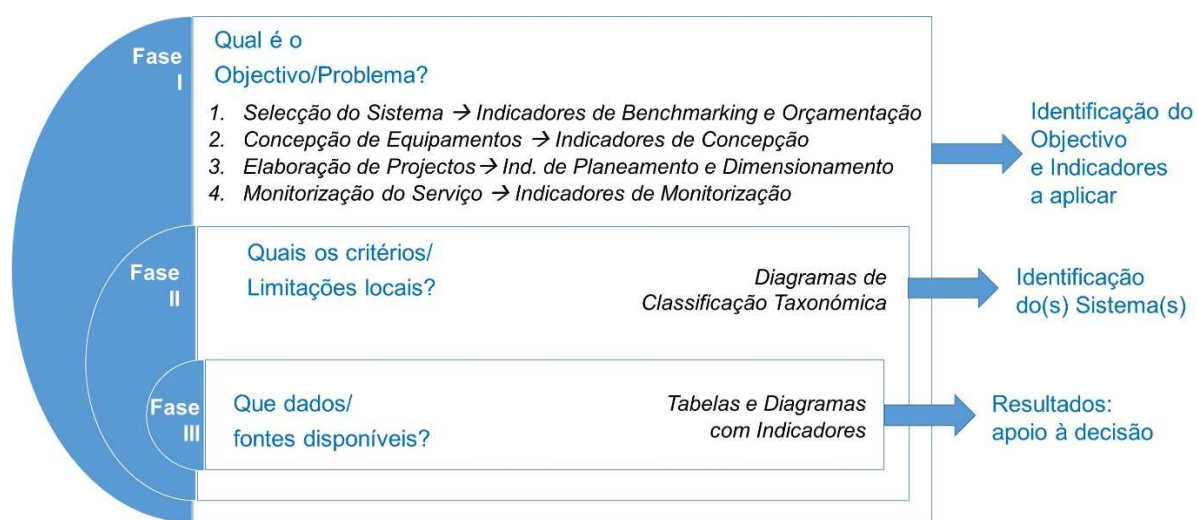


Figura IV-66: Diagrama de sistematização das fases de aplicação do MCBSR

Cada objectivo está associado um conjunto de indicadores, classificados de acordo com estes grandes objectivos, existindo indicadores que podem cumprir em simultâneo com mais do que um objectivo. A identificação do ou dos problemas ou objectivos da análise, permite assim fazer uma primeira identificação do tipo de indicadores a aplicar.

Depois de identificado o(s) objectivo(s), passa-se para a Fase II do MCBSR, onde são classificados os sistemas alvo, aplicando-se os diagramas de classificação taxonómica. Esta aplicação dependerá dos critérios ou limitações particulares da gestão do serviço ou das características da área a servir, que nesta fase de aplicação do modelo se podem sistematizar de acordo com o diagrama da Fase II, que se apresenta na Figura IV-67 e que permite identificar os sistemas alvo da análise em curso, permitindo assim criar um “filtro” e focar a análise apenas naqueles que cumprem com as especificidades e objectivos locais.

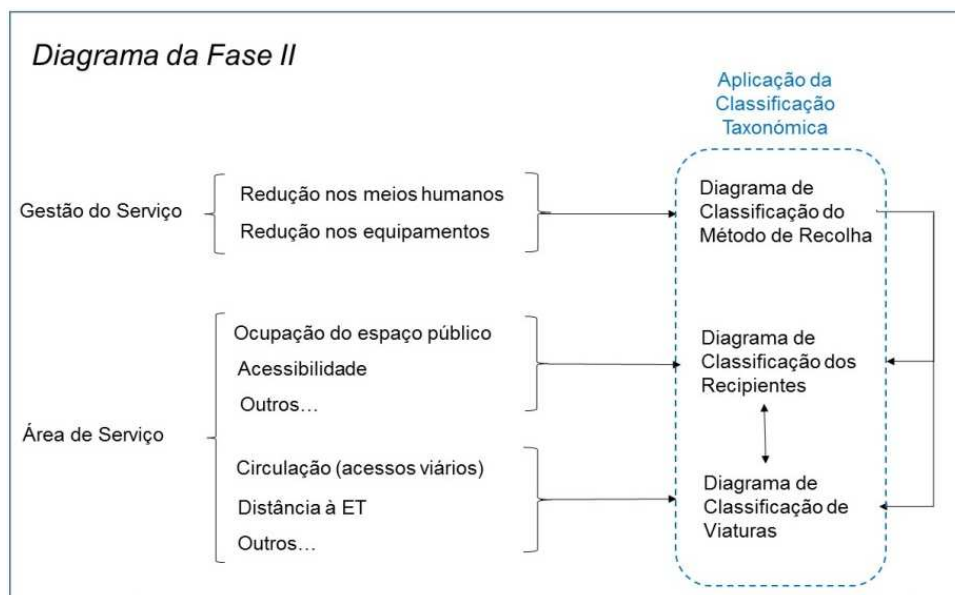


Figura IV-67: Diagrama de sistematização da aplicação da Fase II, em função das limitações/critérios da EG ou características da área de serviço

Finalmente, a aplicação dos Indicadores nos sistemas seleccionados inicia a Fase III. Cada indicador foi classificado não só de acordo com o objectivo a cumprir (Fase I da Figura IV-66) mas também em função do grau de dificuldade associado às fontes de informação para obtenção dos dados necessários ao seu cálculo.

A classificação dos indicadores, que permite a selecção de quais os que serão úteis para o modelo de apoio à decisão sistematizou-se na Tabela IV-7. Esta classificação foi associada a um código de cores para mais fácil aplicação.

Resumindo, os indicadores são classificados de acordo com:

- i) O tipo de indicador, conforme definido nos capítulos anteriores:
 - IEO – Indicador de Equipamento Operacional,
 - IEF - Indicador de Equipamento Financeiro,
 - ISO – Indicador de Serviço⁸³ Operacional⁸⁴
 - ISF-Indicador de Serviço²⁵ Financeiro
- ii) Os objectivos que o MCBSR deve responder:
 - Indicador de Concepção
 - Indicador de Dimensionamento
 - Indicador de Benchmarking
 - Indicador de Planeamento

⁸³ Serviço de Recolha, de Lavagem de Recipiente ou de Lavagem de Viaturas.

⁸⁴ Do ISO 1 ao ISO 8 os indicadores de serviço operacionais são focados nos equipamentos ou exclusivamente na operação de recolha do recipiente. A partir do indicador ISO 9, os indicadores remetem para uma análise por circuito, isto é, para os dados recolhidos durante as monitorizações dos circuitos, focada na fase de recolha efectiva ou nos tempos e distâncias totais. De facto, os indicadores ISO.9, ISO.10, ISO.11, ISO.12, ISO 13 e ISO 14 são indicadores de produção ou de performance operacional do serviço ou do circuito de recolha, porque cruzam tempos e distâncias operacionais com factores de produção - quantidade (peso) e número de contentores recolhidos (volume). Quando aferidos à fase de recolha efectiva, que é o caso deste e dos indicadores ISO.10, ISO 13 e ISO 14, então são indicadores úteis ao benchmark do desempenho operacional dos diferentes sistemas de recolha.

- Indicador de Monitorização
 - Indicador Orçamentação
- iii) O grau de dificuldade na obtenção dos dados necessários (fontes de informação):
- Baixo
 - Médio
 - Alto

A aplicação das tabelas a seguir constitui a Fase III do MCBSR (Tabela IV-8 à Tabela IV-13), onde se sistematizaram os indicadores agrupados pelo seu tipo, e classificados de acordo com o objectivo e grau de dificuldade (coluna “Ref.^a”), indicando as fontes de informação para cada um.

A aplicação deste conjunto de tabelas pode ser apoiada nos diagramas desenvolvidos para esta fase, que se apresentam no Anexo A.IV, que ilustram não só as fontes de informação mas também as interações entre os dados de diferentes indicadores. Nestes diagramas, os “inputs” ou dados/variáveis de entrada alimentam os indicadores e geram “outputs”, ou saídas, que constituem os resultados.

A aplicação do MCBR termina com a análise destes resultados, que devem ser apresentados num formato que suporte o utilizador nas decisões que tem que tomar – representação utilizando gráficos de barras, ordenados por ordem crescente/decrecente, acordo com o(s) objectivo(s) definido(s).

Tabela IV-7: Classificação dos indicadores de acordo com o grau de dificuldade e objectivo

Grau de dificuldade na obtenção dos dados base (Fontes)		
IXX	Baixo	Dados facilmente acessíveis
IXX	Médio	Dados que exigem monitorização do serviço
IXX	Alto	Dados que exigem uma monitorização do serviço exigente no tempo e meios necessários ou que não estão habitualmente disponíveis
Tipo de Indicador - em função do objectivo principal		
Concepção	Indicador útil na concepção dos equipamentos (fabricantes) e em projectos de sistemas de recolha (entidades gestoras)	
Dimensionamento	Indicador útil no dimensionamento de sistemas de recolha	
Benchmarking	Indicador útil no <i>benchmarking</i> entre sistemas de recolha	
Planeamento e Monitorização	Indicador útil no planeamento e monitorização de sistemas de recolha	
Orçamentação	Indicador útil na orçamentação de sistemas de recolha	

Tabela IV-8: Indicadores de Equipamento Operacionais: objectivo e fontes de informação

Indicadores de Equipamento (Recipiente (R) e Viatura (V)), Operacionais (O)				
Ref. ^a	Indicador	FONTES	Unidades	
Recipiente (R)			Objectivo	
IRO.1	Área de implantação	Ficha técnica / Medido	m ²	Concepção
IRO.2	Secção de deposição	Ficha técnica / Medido	cm ²	Concepção
IRO.3	Altura de deposição	Ficha técnica / Medido	m	Concepção
IRO.4	Capacidade líquida do contentor	Medido	m ³	Dimensionamento
IRO.5	Volume não útil	Ficha técnica e Medido	%	Concepção
IRO.6	Capacidade Líquida por metro quadrado	IRO.1 e IRO.4	m ³ /m ²	Benchmarking
Viatura (V)			Objectivo	
IVO.1	Volume da caixa da viatura	Ficha técnica	m ³	Dimensionamento
IVO.2	Peso líquido máximo na viatura	Ficha técnica	t	Dimensionamento
IVO.3	Alcance máximo da grua	Ficha técnica	m	Concepção
IVO.4	Capacidade máxima da grua	Ficha técnica	t	Concepção e Dimensionamento
IVO.5	Capacidade de carga no alcance máximo da grua	Ficha técnica	t	Concepção e Dimensionamento
Recipiente (R)			Objectivo	
IVO.6	Largura da viatura	Ficha técnica	m	Concepção
IVO.7	Distância entre eixos	Ficha técnica	m	Concepção
IVO.8	Altura de circulação	Ficha técnica/Medido	m	Concepção
IVO.9	Altura de operação	Ficha técnica/Medido	m	Concepção

Tabela IV-9: Indicadores de Serviço Operacionais: objectivo e fontes de informação

Indicadores de Serviço Operacionais (ISO)				
Ref. ^a	Indicadores	FONTES	Unid.	Objectivo
ISO.1	Peso máximo total a elevar	Medido/Calculado com IRO.4 e ISO.3	kg	Concepção, Benchmarking
ISO.2	Peso líquido máximo dos resíduos no recipiente	Medido e ISO.1	kg	Dimensionamento
ISO.3	Peso específico dos resíduos no recipiente	ISO.1 e IRO.4	kg/m ³	Benchmarking, Concepção e Dimensionamento
ISO.4	Tempo de recolha unitário	Medido	min	Dimensionamento e Concepção
ISO.5	Capacidade recolhida por unidade de tempo	IRO.4 e ISO.4	m ³ /min	Benchmarking
ISO.6	Peso máximo recolhido por unidade de tempo	ISO.2 e ISO.4	kg/min	Benchmarking
ISO.7	Tempo de descarga da viatura	IVO.2 e Medido	min	Concepção, Planeamento
ISO.8	Sobrepeso na Viatura	Dados de pesagens	%	Planeamento, Monitorização
ISO.9	Quantidade recolhida por tempo de recolha efectivo	Medido, Dados de pesagens	kg/min	Benchmarking
ISO.10	Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva	Medido, Dados de pesagens	kg/km	Benchmarking
ISO.11	Quantidade recolhida por tempo de recolha total	Medido, Dados de pesagens	kg/min	Planeamento, Monitorização
ISO.12	Quantidade recolhida por distância de recolha total	Medido, Dados de pesagens	kg/km	Planeamento, Monitorização
ISO.13	Volume recolhido por tempo de recolha efectivo	Medido	m ³ /min	Benchmarking
ISO.14	Volume recolhido por distância de recolha efectiva	Medido	m ³ /km	Benchmarking
ISO.15	Velocidade média de recolha efectiva	Medido	km/h	Planeamento, Monitorização

Tabela IV-9: Indicadores de Serviço Operacionais: objectivo e fontes de informação (continuação)

Indicadores de Serviço Operacionais (ISO)				
Ref. ^a	Indicadores	FONTES	Unid.	Objectivo
ISO.16	Quantidade recolhida por recipiente	Medido, Dados de pesagens	kg/cont	Planeamento, Monitorização
ISO.17	Taxa de Enchimento dos recipientes	Medido, Dados de pesagens	%	Planeamento, Monitorização
ISO.18	Quantidade recolhida por ponto	Medido, Dados de pesagens	kg/cont	Planeamento, Monitorização
ISO.19	Quantidade recolhida por capacidade da viatura (Rentabilização do parque de viaturas)	Medido, Dados de pesagens	kg/m ³	Planeamento, Monitorização
ISO.20	Volume recolhido por capacidade da viatura	Medido, IVO.1	m ³ /m ³	Planeamento, Monitorização
ISO.21	Contentores recolhidos por tempo de recolha efectiva	Medido	unid/min	Planeamento, Monitorização
ISO.22	Pontos recolhidos por tempo de recolha efectiva	Medido	unid/min	Planeamento, Monitorização
ISO.23	Contentores recolhidos por distância de recolha efectiva	Medido	unid/km	Planeamento, Monitorização
ISO.24	Pontos recolhidos por distância de recolha efectiva	Medido	unid/km	Planeamento, Monitorização
ISO.25	Peso % do tempo de recolha no Tempo de recolha efectivo	Medido	%	Planeamento, Monitorização
ISO.26	Peso % do tempo entre contentores no Tempo de recolha efectivo	Medido	%	Planeamento
ISO.27	Distância média entre contentores	Medido	km	Planeamento
ISO.28	Coeficiente de concentração do circuito	Medido	-	Planeamento
ISO.29	Peso percentual do tempo de recolha efectivo	Medido	-	Planeamento
ISO.30	Consumo médio de combustível aos 100 km	Medido	l/100km ou m ³ /100km	Benchmarking, Monitorização
ISO.31	Consumo de combustível por tonelada recolhida	Medido, Dados de pesagens	l/t ou m ³ /t	Benchmarking, Monitorização
ISO.32	Dimensão da equipa de recolha	Medido	unid.	Benchmarking

Tabela IV-10: Indicadores de Equipamento Financeiros: objectivos e fontes de informação

Indicadores de Equipamento de Recipiente (IR) e Viatura (IV), Financeiros (F)				
Ref. ^a	Indicador	FONTES	Unid.	Objectivo
Recipiente (R), Viatura (V)				
IRF.1 e IVF.1	Custo de aquisição por unidade de volume	Facturas/Propostas e IRO.4/IVO.1	€/ano/m³	Benchmarking
IRF.2 e IVF.2	Custo total por unidade de volume	Dados contabilidade, Numerador do IRF.1 / IVF.1 e IRO.4/IVO.1	€/ano/m³	Benchmarking

Tabela IV-11: Indicadores de Serviço de Recipiente e Viatura Financeiros: objectivos e fontes de informação

Indicadores de Serviço de Recipiente (ISR) e Viatura (ISV), Financeiros (F)				
Ref. ^a	Indicador	FONTES	Unid.	Objectivo
ISRF.1 e ISVF.1	Custo de aquisição por unidade de peso	Numerador do IRF.1 / IVF.1 e ISO.2/IVO.2	€/ano.kg ou €/ano.t	Benchmarking
ISRF.2 e ISVF.2	Custo de manutenção por unidade de peso	Numerador do IRF.2 / IVF.2 e ISO.2/IVO.2	€/ano.kg ou €/ano.t	Benchmarking
ISRF.3 e ISVF.3	Custo total por unidade de peso	Numerador do IRF.1 e 2 / IVF.1 e 2 e ISO.2/IVO.2	€/ano.kg ou €/ano.t	Benchmarking
Indicadores de Serviço de Sistema (ISS), Financeiros (F)				
Ref. ^a	Indicador	Definição	Unid.	Objectivo
ISSF.1	Custo de aquisição do sistema	Facturas/Propostas e medido	€/ano	Orçamentação
ISSF.2	Custo de manutenção do sistema	Dados contabilidade e medido	€/ano	Orçamentação
ISSF.3	Custo total do sistema	ISSF.1 e ISSF.2	€/ano	Orçamentação
ISSF.4	Custo de aquisição do sistema por tonelada	Facturas/Propostas e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação
ISSF.5	Custo de manutenção do sistema por tonelada	Dados contabilidade e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação
ISSF.6	Custo de recursos humanos por tonelada	Dados contabilidade e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação
ISSF.7	Custo de combustíveis por tonelada	Dados contabilidade e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação
ISSF.8	Custos de exploração do sistema por tonelada	Numerador do ISSF.5, ISSF.6 e ISSF.7 e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação
ISSF.9	Custo total do sistema por tonelada	Numerador do ISSF.4 e ISSF.8 e Dados pesagens	€/ano.t	Benchmarking, Orçamentação

Tabela IV-12: Indicadores de Serviço de Lavagem de Recipientes, Operacionais e Financeiros: objectivos e fontes de informação

Indicadores de Serviço de Lavagem de Recipientes (ISLr)				
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unid.	Objectivo
Indicadores Operacionais (ISLrO)				
ISLrO.1	Tempo de lavagem efectivo por recipiente	Medido	min	Benchmarking, Dimensionamento
ISLrO.2	Tempo de lavagem unitário	Medido	min	Benchmarking
ISLrO.3	Tempo de abastecimento da viatura com água por recipiente	Medido	min/unid	Benchmarking
ISLrO.4	Consumo de água por recipiente	Medido	m ³ /unid	Benchmarking
ISLrO.5	Consumo de detergentes/desinfectantes	Medido	l/unid	Benchmarking
Indicadores Financeiros (ISLrF)				
ISLrF.1	Custo unitário da lavagem de um recipiente	Dados contabilidade e ISLrO.1, ISLrO.2, ISLrO.3, ISLrO.4, ISLrO.5	€/unid	Benchmarking, Orçamentação

Tabela IV-13: Indicadores de Serviço de Lavagem de Viaturas, Operacionais e Financeiros: objectivos e fontes de informação

Indicadores de Serviço de Lavagem de Viaturas (ISLv)				
Ref. ^a	Indicadores	Definição	Unidades	Objectivo
Indicadores Operacionais (ISLvO)				
ISLvO.1	Tempo de lavagem por viatura	Medido	min	Benchmarking
ISLvO.2	Consumo de água por viatura	Medido, Dados de caudal	m ³ /unid	Benchmarking
ISLvO.3	Consumo de detergentes por viatura	Medido, Dados de concentração	l/unid	Benchmarking
Indicadores Financeiros (ISLvF)				
ISLvF.1	Custo total unitário da lavagem	Dados contabilidade ISLvO.1, ISLvO.2 e ISLvO.3	€/unid	Benchmarking, Orçamentação

IV.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA PROPOSTA DE MCBSR

O MCBSR desenvolvido é constituído por duas componentes principais: a classificação taxonómica de sistemas e a avaliação dos mesmos com base em indicadores de *benchmarking*, orçamentação, concepção, dimensionamento, planeamento e monitorização dos serviços de recolha e de lavagem de contentores e viaturas.

A taxonomia apresentada neste estudo destina-se a facilitar a identificação de contentores e viaturas, tornando a análise dos melhores sistemas a implementar numa determinada zona geográfica mais fácil, promovida pela compatibilidade entre recipientes e viaturas, que foi definida pelo sistema de engate e mecanização da elevação, respectivamente, onde a identificação e classificação do método de recolha se baseia.

A proposta define os sistemas de recolha e o seu domínio, e delineia todas as facetas da componente tecnológica de forma moderada, sendo apresentados os sistemas de recolha principais, definidos como equipamentos “tipo” - 10 “recipientes tipo” e 11 “viaturas tipo”, para exemplificar todas as características utilizadas na taxonomia.

De uma forma geral, o principal benefício de um esquema de classificação robusto é a comunicação: uma taxonomia providencia definições e distinção. De facto, a complexidade dos equipamentos e dispositivos aumenta a dificuldade na tomada de decisão sobre qual sistema de recolha de RU é operacionalmente eficaz, economicamente viável, e, ao mesmo tempo, cumpre com todos os desafios legais e ambientais: é impossível para os técnicos e decisores memorizar e integrar todos os elementos necessários. A classificação proposta promove a simplificação desta análise, ao identificar claramente os equipamentos e sistemas envolvidos, colmatando a lacuna identificada na bibliografia e permitindo que especialistas de diferentes áreas científicas e campos de pesquisa possam usar a mesma classificação para caracterizar os sistemas de recolha, viabilizando a comparação dos dados e resultados alcançados.

De acordo com a hipótese metodológica formulada no início do estudo, a base desta proposta de classificação foi a análise dos equipamentos e tecnologias que constituem os sistemas disponíveis na actualidade e a identificação das características taxonómicas chave e de compatibilidade recipientes-viaturas, que resultou na definição de cinco categorias taxonómicas para os recipientes e quatro para as viaturas, que se ramificam nas diferentes classes e sub-classes sistematizadas nos diagramas.

Outras características poderiam ter sido utilizadas na classificação dos recipientes e das viaturas. Por exemplo no caso da capacidade dos recipientes, a diversidade que pode existir para um mesmo recipiente com a mesma chave taxonómica e nomenclatura, levou a que a gama de capacidades não fosse considerada como critério para a classificação taxonómica. Acresce que a capacidade pode ser facilmente relacionada com o sistema de acoplamento: recipientes de capacidades maiores (mais de 3 m³) estão normalmente relacionados com recipientes compatíveis com grua, enquanto os recipientes de média (entre 0,8 e 3 m³) e baixa capacidade (abaixo de 0,8 m³), são geralmente compatíveis com elevadores.

Outras características dos recipientes poderiam ainda ser referidas – a geometria do corpo (prismática, cilíndrica), o material (PEAD, metálico) ou a geometria das aberturas e o tipo de deposição - livre, através de aberturas específicas ou em tambor giratório. No caso das viaturas, as diferentes gamas de capacidades dos elevadores ou capacidades e alcances das guias também poderiam ter sido incluídas.

De facto, as características dos recipientes e viaturas acima referidas foram excluídas depois de analisadas em profundidade, por não caracterizam o funcionamento e tecnologia destes equipamentos, não permitindo assim a identificação do sistema. Se fossem adoptadas, iriam limitar o carácter universal

pretendido para a classificação, uma vez que concretizam demasiado os equipamentos, acabando por os descrever, em vez de os agrupar de acordo com as características técnicas e operacionais que descrevem sua funcionalidade e características fundamentais da operação de recolha, identificadas durante a revisão bibliográfica.

Optou-se também por excluir o método de descarga das viaturas, por não caracterizar os sistemas de recolha: a operação de descarga acontece apenas no momento da descarga, não tendo nenhuma interacção com a infra-estrutura e utentes da zona a servir, nem influencia sobre a compatibilidade contentor-viatura que, como referido inicialmente, foi o foco da presente proposta de classificação, deixando a fase de transporte e descarga na central de tratamento para segundo plano.

Considerando a rápida evolução dos equipamentos e tecnologias utilizadas no sector, pretendeu-se também garantir a flexibilidade da classificação a alterações futuras, isto é, pretendeu-se que fosse fácil manter a proposta actual, pela adição de mais uma categoria, classe ou sub-classe nos diagramas, objectivo que se considera que foi cumprido, graças à utilização de um esquema de classificação em árvore, onde as categorias são numeradas sequencialmente, que torna fácil a adição de mais um “ramo” na árvore.

No que respeita à aplicação dos indicadores, o facto de estarem classificados de acordo com o objectivo da avaliação, e depois divididos em indicadores de equipamento ou de serviço e sub-divididos em operacionais e financeiros, facilita a sua utilização, uma vez que permite a selecção dos indicadores aplicáveis à avaliação que se pretende desenvolver, assim como ao tipo de dados base de que se dispõe, uma vez que os indicadores estão também classificados de acordo com o grau de dificuldade associado ao seu cálculo.

Concretizando com um exemplo, se o objectivo é fazer uma análise rápida de *benchmarking* relativa ao desempenho operacional de sistemas de recolha de superfície com grua, então na primeira fase o modelo aplica o diagrama de classificação de recipientes para identificar os sistemas de superfície onde se irão aplicar os indicadores, filtra da lista de indicadores aqueles que cumprem os critérios “indicadores de equipamento operacionais” e “indicadores de benchmarking”, e os de cálculo “rápido”, isto é, aqueles que são alimentados com dados fáceis de obter. Caso os dados para os indicadores filtrados não sejam de fácil obtenção, então “sobe-se” um grau de dificuldade e assim sucessivamente.

Dando outro exemplo, se o objectivo de aplicação do modelo é a selecção de um sistema de recolha para aplicar numa determinada área de serviço, que não tem nenhuma limitação geográfica de espaço ou acessibilidades mas cuja entidade gestora tem poucos meios humanos disponíveis (por dificuldade na contratação de recursos humanos ou limitações financeiras), então a Fase II de classificação/identificação do sistema iniciar-se-á pelo diagrama de classificação do método de recolha (Figura IV-58), mas no sentido inverso das setas, a azul na

Figura IV-68: partindo do método de recolha automático (necessidade de recursos humanos baixa), e seguindo o sentido inverso das setas deste diagrama, chega-se às chaves de classificação taxonómica dos contentores e viaturas adequados a esta limitação de recursos humanos.

Serão então os sistemas constituídos por recipientes classificados com o código 2.3.4, 2.3.5 ou 2.3.6 e as viaturas classificadas com o código 1.5.2 e 1.5.6 que definem os sistemas de recolha onde se irá aplicar a fase seguinte do modelo, a Fase III, que consistirá na aplicação dos indicadores de *benchmarking* indicados nas

Tabela IV-8 à Tabela IV-13 – aplicar-se-ão todos os indicadores ou apenas os operacionais e financeiros, dependendo da análise que se pretende fazer. Podem também ser calculados apenas os indicadores cujos dados de *input* sejam fáceis de obter, se existirem poucos dados ou pouca disponibilidade de tempo para os recolher.

Os resultados devem finalmente ser organizados em função dos objectivos definidos, ordenando os sistemas alvo do pior para o melhor resultado para o conjunto dos indicadores seleccionados, ou individualmente para cada indicador, caso os resultados sejam discordantes. Podem também ser atribuídos classificações numéricas (notas) e pesos aos diferentes indicadores e assim obter uma média ponderada do conjunto.

Concluindo, o MCBSR permite a estratificação da informação a recolher em função dos objectivos da análise que se pretende iniciar, constituindo assim um modelo de apoio à decisão flexível e capaz de fornecer respostas rápidas, baseado na classificação taxonómica e no sistema de indicadores de desempenho.

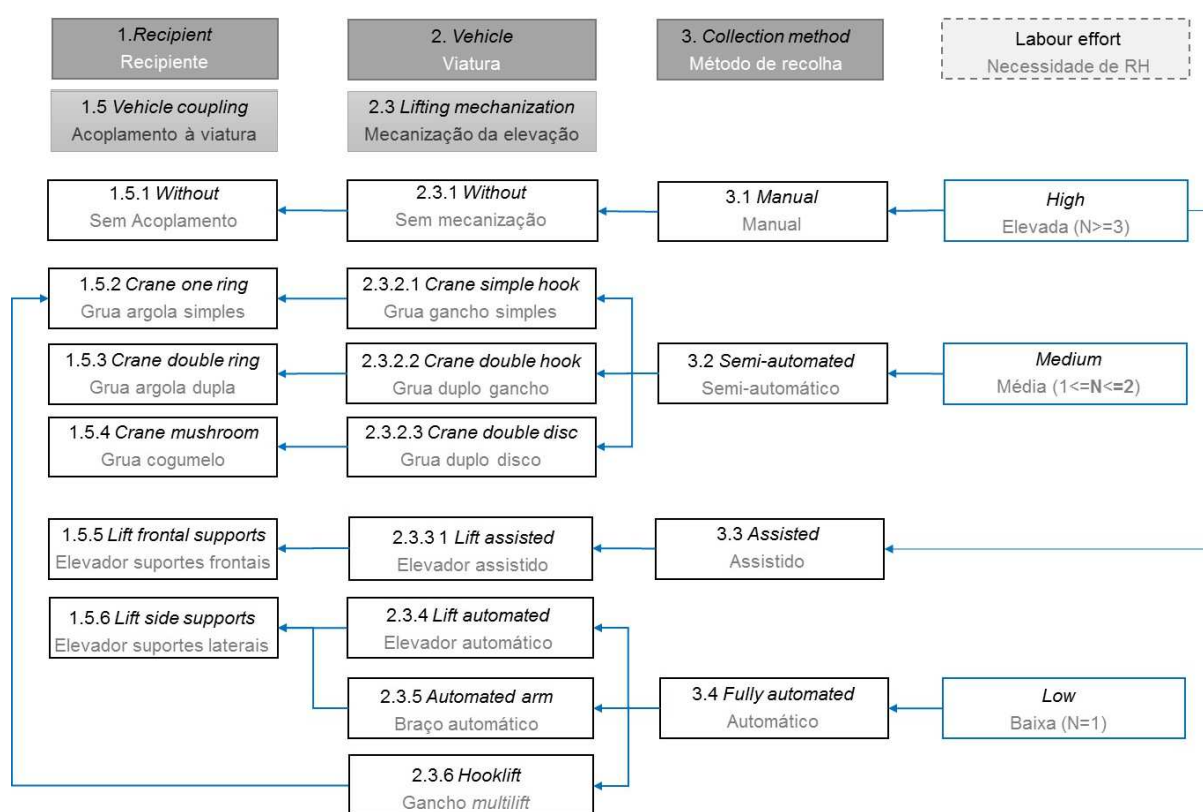


Figura IV-68: Diagrama de classificação taxonómica do método de recolha – exemplificação da sua aplicação no MCBSR

V. CASO DE ESTUDO: RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

V.1 ÂMBITO

O MCBSR foi aplicado nos serviços de recolha de RU dos três municípios da área da grande Lisboa que definiram a área de estudo: Lisboa, Cascais e Sintra.

Diversos circuitos de recolha de resíduos são planeados e geridos pelos três municípios da área de estudo, constituindo vários sistemas de recolha indiferenciada e selectiva de resíduos – embalagens de plástico/metall, vidro e papel/cartão; assim como de recolha selectiva de resíduos orgânicos em grandes produtores. A estrutura dos serviços e sua heterogeneidade, reflectem a diversidade das características socio-geográficas e urbanísticas dos três municípios, que levou à utilização de uma enorme diversidade de equipamentos de recolha, constituindo assim um palco privilegiando para a aplicação do MCBSR, cujos resultados se irão apresentar neste capítulo.

Considerando os objectivos e pressupostos metodológicos deste trabalho, não se seguiu a aplicação do modelo de acordo com o fluxograma da Figura IV-66, que se iniciaria pela definição de um problema em particular. O âmbito do presente trabalho é muito mais lato, pretendendo responder às diferentes questões operacionais e financeiras que a gestão deste serviço pode englobar, assim como fornecer dados base úteis à concepção e dimensionamento de sistemas e chegar a conclusões fundamentadas relativas ao desempenho operacional e financeiro dos equipamentos tipo definidos.

Assim, o MCBSR foi aplicado para responder aos três tipos de problemas definidos na Fase I, em todos os sistemas de recolha que o âmbito que a Fase II pode compreender, e para todos os indicadores da Fase III.

V.2 CLASSIFICAÇÃO TAXONÓMICA

O procedimento aplicado para testar a taxonomia iniciou-se com a observação visual dos recipientes em funcionamento nos três municípios. Ao analisar os recipientes, a nomenclatura é aplicada de acordo com uma abordagem “de cima para baixo” do diagrama de classificação de recipientes (Figura IV-2), sendo utilizados os acrónimos e numeração da chave taxonómica. Em caso de dúvida, recorre-se à descrição e ilustrações dos equipamentos tipo ou a catálogos dos equipamentos.

Os resultados obtidos na área de estudo para os recipientes apresentam-se na Tabela V-1, onde consta a fotografia do equipamento, a chave taxonómica, o acrónimo, os fluxos de resíduos que estes recipientes podem receber, e a referência do equipamento tipo a que o recipiente pertence, de acordo com a descrição apresentada no capítulo IV.1.2.2. Nesta tabela sistematizou-se a aplicação de cada uma das categorias, classes e sub-classes da proposta de classificação taxonómica, que comprova a diversidade de equipamentos alvo existentes na área de estudo, que representam quase todas as classes taxonómicas da proposta de classificação, exceptuando-se, naturalmente, apenas as que não são comuns a nível nacional.

Para a classificação das viaturas utilizadas na área de estudo, aplicou-se o mesmo procedimento, utilizando neste caso o digrama de classificação de viaturas, da Figura IV-32. O resultado é o que se apresenta na Tabela V-2.

Da combinação dos recipientes com as diferentes viaturas utilizadas nos três municípios para a recolha

dos diferentes fluxos de resíduos resulta a classificação taxonómica dos sistemas de recolha: utilizando o diagrama da Figura IV-58, e depois de identificados os sistemas de acoplamento recipiente-viatura utilizados, é possível classificar o sistema e método de recolha, cujo resultado se apresenta na Tabela V-3: os sistemas estão agrupados de acordo com as sub-classes que definem o método de acoplamento dos recipientes e viaturas, uma vez que são elas que definem a compatibilidade contentor-viatura e consequentemente o método de recolha.

As chaves taxonómicas obtidas para os recipientes e viaturas, definem a chave do sistema de recolha, que resulta do conjunto das duas com um hífen no meio: no total, foram identificados 25 sistemas em funcionamento. Nesta tabela apresenta-se também os acrónimos dos sistemas.

Ressalva-se que o âmbito da proposta de classificação taxonómica não inclui os serviços de lavagem. O serviço e sistemas de lavagem de contentores e viaturas foram no entanto avaliados através dos indicadores, de acordo com os resultados que se apresentam no capítulo seguinte.

Da análise dos resultados, verifica-se que existe apenas um sistema manual em funcionamento. Este sistema foi identificado no município de Lisboa, em particular na zona de Alfama, onde o constrangimento da largura dos acessos viários e espaço na via pública foi determinante para a escolha deste sistema, que utiliza sacos, compatíveis com a ausência de espaço público para a instalação de contentores e uma viatura satélite de dimensões reduzidas, compatível com a largura das vias.

Verifica-se também que o método de recolha mais utilizado é semi-automático, onde o sistema de acoplamento é a grua: foram classificados quinze sistemas de recolha, de superfície e subterrâneos, que se dividem pelos três diferentes sistemas de acoplamento – argola-simples com gancho simples, argola dupla com gancho duplo e cogumelo com duplo disco, identificados nos três municípios.

Os sete sistemas de recolha assistidos, que utilizam viaturas com elevador manual para o acoplamento e elevação dos recipientes, são sempre sistemas de superfície, que são utilizados para a recolha indiferenciada e selectiva no caso de Lisboa, enquanto em Sintra e Cascais apenas se utilizam na recolha indiferenciada, sendo a selectiva realizada com sistemas semi-automáticos.













Os sistemas automáticos foram identificados apenas em Sintra, tendo sido classificados dois, um de superfície e um subterrâneo, que diferem apenas no recipiente, uma vez que são servidos pela mesma viatura.

A utilização da mesma viatura por diferentes recipientes não acontece apenas nestes dois sistemas. De facto, da análise da Tabela IV-5, é clara a repetição de viaturas, porque uma mesma viatura pode recolher diferentes tipos de recipientes, desde que o sistema de engate seja o mesmo. Esta observação resulta, no caso das viaturas grua, do facto da única diferença na viatura ser o sistema instalado na ponta da grua - um gancho, gancho duplo, ou disco duplo, e no caso das viaturas com elevador manual, do elevador ter simultaneamente os sistemas normalizados de barras laterais e pente frontal.

As viaturas são de facto mais versáteis que os recipientes, podendo uma mesma viatura recolher recipientes com diferentes sistemas de acoplamento, quer de grua quer de elevador, ou simultaneamente os dois (grua e elevador), como é o caso da viatura de caixa fechada com compactação intermitente, com grua e elevador de carga traseira, *BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe* (ou 2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1+.4.1+.4.2,2.4.1).

Pelo contrário, o mesmo recipiente tem que ser recolhido por viaturas equipadas com exactamente o mesmo sistema de acoplamento, embora diferentes mecanizações do corpo possam ser usadas: viaturas com corpo mecanizado com compactação são normalmente utilizadas para recolha de resíduos compressíveis e não mecanizadas para resíduos não compressíveis (e.g. vidro).

Tabela V-1: Classificação taxonómica dos recipientes da área de estudo.

Categories, classes and sub-classes taxonomic												
1.												
1.1												
1.1.1	x	x	x	x	x	x						
1.1.2							x					
1.1.3								x	x	x	x	x
1.2												
1.2.1				x	x	x						
1.2.2.1		x	x									
1.2.2.2	x											
1.3												
1.3.1												
1.3.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1.4												
1.4.1							x	x	x			
1.4.2.1.1												
1.4.2.1.2												
1.4.2.1.3												x
1.4.2.2.1											x	
1.4.2.2.2										x		
1.4.2.2.3												
1.4.2.3.1												
1.4.2.3.2												
1.4.2.3.3												
1.5												
1.5.1	x											
1.5.2					x		x		x	x		
1.5.3						x						x
1.5.4								x				
1.5.5		x	x									
1.5.6			x	x								x
Chave taxonómica	1.1.1,1.2.2.2,1.3.2,1.5.1	1.1.1,1.2.2.1,1.3.2,1.5.5	1.1.1,1.2.2.1,1.3.2,1.5.5+1.5.6	1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.6	1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.2	1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.3	1.1.2,1.3.2,1.4.1,1.5.2	1.1.3,1.3.2,1.4.1,1.5.4	1.1.3,1.3.2,1.4.1,1.5.2	1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2	1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2,1.5.3	1.1.3,1.3.2,1.4.2.1.3,1.5.6
Acrónimo taxonómico	S/WoW/WoC/WoCo	S,WW,WoC,LiF	S,WW,WoC,LiF+LiS	S,I,WoC,LiS	S,I,WoC,C1R	S,I,WoC,C2R	SU, WoC,EC,C1R	U,WoC,EC,CM	U,WoC,EC,C1R	U,WoC, OPH,C1R	U,WoC,OPG,C2R	U, WoC, OEPEH, LiF
Fluxos de resíduos	Indif., P/C e P/M	Indif ²⁸ , P/C e P/M	Indif ⁸⁵ , P/C, P/M e V	Indif. ²⁸ , P/C, P/M e V	P/C, P/M e V	P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V	Indif., P/C, P/M e V
Recip. Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 7	Tipo 8

⁸⁵ Para a recolha indiferenciada utiliza-se o mesmo tipo de contentor com um modelo de tampa diferente – não tem aberturas específicas (rasgos das bocas de deposição), uma vez que a deposição é livre, através da abertura total da tampa do contentor.

Tabela V-2: Classificação taxonómica das viaturas da área de estudo.









Categorias, classes e sub-classes taxonómicas										
2										
2.1										
2.1.1										
2.1.2		x								
2.1.3.1										
2.1.3.2		x		x		x		x		
2.2										
2.2.1		x								
2.2.2.1		x			x		x		x	
2.2.2.2		x								
2.2.3		x								
2.3										
2.3.1										
2.3.2.1		x		x		x				
2.3.2.2		x				x				
2.3.2.3		x				x				
2.3.3										
2.3.4.1		x		x		x		x		
2.3.4.2		x			x					
2.3.5									x	
2.3.6										
2.3.7										
2.4										
2.4.1		x		x		x				
2.4.2									x	
2.4.3		x		x					x	
Chave taxonómica	2.1.2,2.2.1,2.3.2.1,2.4.3; 2.1.2,2.2.1,2.3.2.2,2.4.3; 2.1.2,2.2.1,2.3.2.3,2.4.3;	2.1.3.2,2.2.3,2.3.3.1,2.4.1	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.4.1+2, 2.4.1;	2.1.3.2,2.2.2.2,2.3.4.1+2, 2.4.	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1+.4.1+.4. 2,2.4.1	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1,2.4. 3; 2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.2,2.4. 3; 2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.3,2.4. 3;	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.4.1,2.4.2	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.5,2.4. 2		
Acrónimo taxonómico	BOSC,WoM,CD,LNS; BOSC,WoM,C1H,LNS; BOSC,WoM,C2H,LNS	BCSC,P,LiAsF,LRe	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	BCSC,CC,LiAsF+LiAsB,LRe	BCSC, CI,C2H, LiAsF+LiAsB,LRe; BCSC, CI,C1H, LiAsF+LiAsB,LRe.	BCSC,CI,C1H,LNS; BCSC,CI,C2H,LNS; BCSC,CI,CD,LNS	BCSC,CI,LiAsF,LS	BCSC,CC,LiA,LS		
Fluxo de recolha	Indiferenciados, papel/cartão, plástico/met, vidro	Vidro	Indiferenciados, orgânicos, papel/cartão e plástico/met	Indiferenciados, orgânicos, papel/cartão e plástico/met	Indiferenciados, papel/cartão, plástico/met	Indiferenciados, papel/cartão, plástico/met	Indiferenciados, papel/cartão, plástico/met	Indiferenciados, papel/cartão, plástico/met, vidro		
Viatura tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9		

Tabela V-3: Classificação taxonómica dos sistemas de recolha da área de estudo














Chave taxonómica dos recipientes, por tipo de engate		Chave taxonómica das viaturas, por tipo de engate		Chave Taxonómica do sistema	Acrónimo do sistema	Método de Recolha
1.1.1,1.2.2.2,1.3.2, <u>1.5.1</u>		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1</u> ,2.4.2		1.1.1,1.2.2.2,1.3.2, <u>1.5.1</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1</u> ,2.4.2	S,oW,WoC,WoCo— BCSC,CI,LiAs,LS	Manual
1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5</u>		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.3.1</u> ,2.4.2		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1</u> ,2.4.2	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF,LS	Assistido
		2.1.3.2, 2.2.2.2, <u>2.3.4.1</u> +2,2.4.1		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5</u> - 2.1.3.2, 2.2.2.2, <u>2.3.4.1</u> +2,2.4.1	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CC,LiAsF+LiAsB,LRe	
		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1</u> +2,2.4.1		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1</u> +2,2.4.1	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	
		2.1.3.2,2.2.3, <u>2.3.4.1</u> ,2.4.1		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5+1.5.6</u> - 2.1.3.2,2.2.3, <u>2.3.4.1</u> ,2.4.1	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,P,LiAsF/LRe	
1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5+1.5.6</u>		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1+2</u> ,2.4.1		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5+1.5.6</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.4.1+2</u> ,2.4.1	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Automático
		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.2+4.1+4.2</u> ,2.4.1		1.1.1,1.2.2.1,1.3.2, <u>1.5.5+1.5.6</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.2+4.1+4.2</u> ,2.4.1	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC, CI,C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	
1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.6</u>		2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.5</u> ,2.4.2		1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.6</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.5</u> ,2.4.2	S,I,WoC,LiS - BC/CI/LiA/LS- BCSC,CC,LiA,LS	
1.1.3,1.3.2,1.4.2.1.3, <u>1.5.6</u>				1.1.3,1.3.2,1.4.2.1.3, <u>1.5.6</u> - 2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.5</u> ,2.4.2	U,WoC,OEPEH,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	

Tabela V-3: Classificação taxonómica dos sistemas de recolha da área de estudo (continuação)

Chave taxonómica dos recipientes, por tipo de engate	Chave taxonómica das viaturas, por tipo de engate	Acrónimo do sistema	Chave Taxonómica do sistema	Método de Recolha
1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.2</u>			1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.2</u>	-
			2.1.2.2,2.2.1, <u>2.3.2.3</u> ,2.4.4	
			1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.2</u> -	
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
1.1.2,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u>			1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.2</u> -	-
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> +4.1+4.2,2.4.1	
1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u>			1.1.2,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u>	-
			2.1.2.2,2.2.1, <u>2.3.2.3</u> ,2.4.4	
			1.1.2,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u> -	
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.2</u>			1.1.2,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u> -	Semi-automático
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> +4.1+4.2,2.4.1	
			1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u> -	
			2.1.2,2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
			1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.2</u> -	
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
			1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.2</u> -	
			2.1.2,2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.3</u>			1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.2</u> -	-
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	
			1.1.1,1.2.1,1.3.2, <u>1.5.3</u> -	
			2.1.2.2,2.2.1, <u>2.3.2.3</u> ,2.4.4	
1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.3</u>			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.1</u> ,2.4.4	-
			1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.3</u> -	
			2.1.2,2.2.1, <u>2.3.2.2</u> ,2.4.4	
			1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.3</u> -	
1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.4</u>			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.2</u> +3.1+3.2,2.4.1	-
			1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2, <u>1.5.3</u> -	
			2.1.3.2,2.2.2.1, <u>2.3.2.2</u> +3.1+3.2,2.4.1	
			1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.4</u> -	
1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.4</u>			2.1.2.2,2.2.1, <u>2.3.2.3</u> ,2.4.4	-
			1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.4</u> -	
			2.1.2.2,2.2.1, <u>2.3.2.3</u> ,2.4.4	
			1.1.3,1.3.2,1.4.1, <u>1.5.4</u> -	

V.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

V.3.1 ENQUADRAMENTO E ÂMBITO

Considerando que a diversidade de sistemas utilizados na recolha selectiva é muito maior que na recolha indiferenciada, a aplicação dos indicadores aos três fluxos de recolha selectiva de embalagens permitiria abranger a maioria dos equipamentos e tecnologias identificados, garantindo o cumprimento dos objectivos: os sistemas utilizados na recolha indiferenciada são também utilizados na recolha selectiva, não se verificando o inverso. De facto, enquanto facilmente se encontra um equipamento desenvolvido especificamente para a recolha selectiva (sendo o exemplo mais comum o equipamento de superfície imóvel de argola simples) e que não existe para a recolha indiferenciada, o inverso não se verifica.

Por outro lado, o número de registos realizados seria múltiplo do número de fluxos de recolha e sistemas, que tornou o trabalho de recolha e tratamento de dados complexo e bastante moroso. Considerando que os objectivos definidos para a recolha selectiva são frequentemente determinantes na concepção de todo o sistema de recolha, e que o objectivo de aumentar a reciclagem de resíduos e em particular a recolha selectiva de resíduos de embalagens parece ser válido para os próximos anos e essencial para o cumprimento das metas impostas pela EU, o âmbito da aplicação dos indicadores de desempenho focou-se nos sistemas de recolha selectiva utilizados nos três fluxos de resíduos – papel/cartão, plástico/metal e vidro na área de estudo.










De acordo com o definido na metodologia, todos os indicadores de desempenho do MCBSR foram aplicados aos sistemas de recolha identificados na área de estudo. Nos capítulos seguintes apresentam-se os resultados obtidos e respectiva análise. Para facilitar a apresentação dos resultados do caso de estudo, utilizou-se um código constituído por apenas dois dígitos (C para contentores e V para viaturas e os números para cada equipamento) para subdividir alguns tipos taxonómicos nas diferentes capacidades analisadas, geometrias ou acabamentos, de acordo com o que se indica na Tabela V-4, Tabela V-5 e Tabela V-7. Este código de 2 ou 3 dígitos, que já foi utilizado na descrição dos principais tipos de recipientes encontrados na área de estudo do Anexo AIII.2.2, é vantajoso por motivos gráficos na apresentação de resultados nas tabelas e gráficos de barras, considerando a extensão da chave e acrónimo taxonómicos.

Esta tabelas, para além da identificação taxonómica do equipamento (acrónimo e chave taxonómica) e sua localização, incluem também a identificação do Fabricante e/ou Fornecedor e do modelo do equipamento em questão (que no caso das viaturas se divide no modelo da caixa e do sistema de elevação), indicando também o material principal de que é constituído (no caso dos recipientes) e o *link* para o endereço eletrónico da ficha técnica dos contentores e viaturas.

Os resultados para os indicadores de desempenho definidos no MCBSR apresentam-se de acordo com as categorias apresentadas no capítulo IV.2: os indicadores de equipamento são apresentados em primeiro lugar, sub-divididos em indicadores operacionais e financeiros, seguindo-se os indicadores de sistema. Sempre que se justifique, isto é, sempre que o peso específico dos resíduos ou as diferentes geometrias dos equipamentos influencie os resultados, os mesmos são discriminados para os três fluxos de recolha de embalagens, nomeadamente para o fluxo de recolha de resíduos de embalagens de papel/cartão, plástico/metal e vidro.

Os indicadores de equipamento definidos no capítulo IV.2 foram calculados para os onze recipientes e sete viaturas de recolha que se apresentam nas Tabela V-4 e Tabela V-5, subdivididos pelas diferentes capacidades no caso de dois tipos de recipientes, num total de dezassete recipientes, para os três fluxos de recolha selectiva de resíduos de embalagens.

Tabela V-4: Recipientes analisados na área de estudo

Contentor									
Referência	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2	C3 ⁸⁶	C4	C5 ⁸⁷	C6
Fluxo de resíduo e capacidade ⁸⁸	P/C, P/M e V = 1000 L	P/C, P/M e V = 2400 L	P/C, P/M e V = 3200 L	P/C, P/M e V = 3200 L	P/C, P/M e V = 4000 L	P/C, P/M e V = 2400 L	P/C, P/M =5000 L; V = 3000 L	P/C, P/M =5000 L; V = 3000 L	P/C, P/M =5000 L; V = 3000 L
Material ⁸⁹	PEAD	PEAD	Aço inox	PEAD	Aço inox	PEAD	Polipropileno (saco)	Aço galvanizado	Aço galvanizado
Anacrónimo Taxonómico	S,I,WoC,LiS				U, WoC, OEPEH, LiF	S,I,WoC,C1R	SU, WoC,EC,C1R	U,WoC,EC,C1R	U,WoC,EC,CM
Chave Taxonómica.	1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.6				1.1.3,1.3.2,1.4.2.1.3,1.5.6	1.1.1,1.2.1,1.3.2,1.5.2	1.1.2,1.3.2,1.4.1,1.5.2	1.1.3,1.3.2,1.4.1,1.5.2	1.1.3,1.3.2,1.4.1,1.5.4
Fornecedor	Weber (TNL) ⁹⁰	Contenur	Vetroplast	Contenur	TNL	C3= Ovo (anterior Otto Portugal); C3'= Almoverde	Sopsa (Molok)	Ovo (anterior Otto Portugal)	Resopre (Villiger)
Modelo Comercial	“Contentores de plástico de 1000 litros”	CCL-2400	EUR 3200	CCL-3200	Sidetainer	Cyclea (Ovo) e Clyma (Almoverde)	MolokClassic, com Quicksystem	C5=Tulip Subtainer com plataforma em borracha C5'=Tulip Subtainer com plataforma em borracha	Sub-Vil Vilaro 01
Link	N/A,	http://www.contenur.com/en/products/containers/side-loading/c2400-d/ ,	http://www.vetroplast.it/?page_id=1136 ,	http://www.contenur.com/en/products/containers/side-loading/c3200-d/	http://www.tnl.pt/lmgs/articles/article_70/sidetainer-tnl-2_0-pt.pdf	http://www.ovosolutions.com/406/cyclea.htm e https://www.almoverde.pt/produtos/recolha-selectiva/exterior/ecoponto-clyma-25/	http://www.molok.com/main.php?loc_id=8 ; http://www.sopsa.pt/en/node/256	http://www.ovosolutions.com/363/underground-systems.htm	http://www.villiger.com/sub-vil-en.html
Localização	Sintra (HPEM)				Sintra (HPEM)	Sintra (HPEM) e Cascais (EMAC)	Sintra (HPEM)	Sintra (HPEM)	Sintra (HPEM)

⁸⁶ C3 e C3' diferenciam-se pelo modelo, conforme indicado na linha relativa ao fornecedor e modelo comercial, que se distinguem na geometria: o Cyclea tem uma geometria prismática “irregular” semelhante a um “cogumelo” e o Clyma uma geometria prismática regular.

⁸⁷ C5 e C5' diferenciam-se pelo acabamento da plataforma, conforme indicado na linha relativa ao modelo comercial.

⁸⁸ P/C = Papel/Cartão, P/M = plástico/metal, V = vidro

⁸⁹ Material principal. No caso dos equipamentos subterrâneos refere-se ao material do corpo do contentor, que acondiciona os resíduos (em contração direta com os resíduos).

⁹⁰ Modelo de 1000 l de recolha traseira alterado para recolha lateral pela TNL (substituídas as rodas por umas bases e aplicada uma mira no corpo do contentor), de acordo com o solicitado pela HPEM.

Tabela V-4 (Continuação): Recipientes analisados na área de estudo

Contentor								
Referência	C7	C8	C9	C10.1	C10.2	C10.3	C10.4	C11
Fluxo de resíduo e capacidade	P/C, P/M =5000 L; V = 3000 L	P/C, P/M =5000 L; V = 3000 L	Papel/cartão, plástico/metale vidro=1100L	Papel/cartão e plástico/metale = 90 L	Papel/cartão e plástico/metale = 120 L	Papel/cartão e plástico/metale = 240 L	Papel/cartão e plástico/metale = 360 L	Papel/cartão e plástico/metale = 30 L
Material	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD	PEAD
Anacrón.Tax.	U,WoC, OPH,C1R	U,WoC,OPG,C2R	S,WW,WoC,LiF+LiS	S,WW,WoC,LiF				S,WoW,WoC,WoCo
Chave Tóx.	1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2	1.1.3,1.3.2,1.4.2.2.2,1.5.3	1.1.1,1.2.2.1,1.3.2,1.5.5+1.5.6	1.1.1,1.2.2.1,1.3.2,1.5.5				1.1.1,1.2.2.2,1.3.2,1.5.1
Fornecedor	TNL	Sotkon	Contenur ou Sulo	Contenur	Contenur	Contenur	Contenur	Silvex
Modelo Comercial	Citytaner	Sotkon Standard	MGB1100 RDDIDV ou C1100TC D ⁹¹	C90	C120 D	C240 D	C360 F	“saco de plástico com filtra”
Link	http://www.tnl.pt/lmgs/articles/article_70/sidetainer-tnl-2_0-pt.pdf	http://www.sotkon.com/en/16/standard_underground_containers ; http://www.construnario.com/catalogo/mbe-sotkon-sl/catalogos	http://www.contenur.com/en/products/containers/rear-loading/c1100tc-d/	http://www.contenur.com/en/products/containers/rear-loading/c90/	http://www.contenur.com/en/products/containers/rear-loading/c120-d/	http://www.contenur.com/en/products/containers/rear-loading/c240-d/	http://www.contenur.com/en/products/containers/rear-loading/c360-f/	http://www.silvex.pt/en/
Localização	Sintra (HPEM)	Cascais (EMAC)	Lisboa (CML)	Lisboa (CML)				Lisboa (CML)



⁹¹ Sulo apenas para o papel/cartão (<http://www.sulo.de/index.php/en/olle-t-separate2/bin-systems2/4wheeled-bin-systems/convenient-mgb-660-1100-did/mgb-1100-rd-did-v>).

Tabela V-5: Viaturas de recolha analisadas na área de estudo

Viaturas							
Referência	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
Capacidade bruta (m³)	V1.1 = 15 m³ V1.2 = 20 m³ V1.3= 25 m³ V1.4=33 m³ V1.5= 34 m³	7	V3.1 = 11 m³ V3.2 = 15 m³ V3.3= 16 m³	4,5	25	20	V7.1= 15 m³ V7.2= 16 m³ V7.3=20 m³
Anacrónimo Taxonómico	BOSC,WoM,CD,LNS; BOSC,WoM,C1H,LNS; BOSC,WoM,C2H,LNS	BCSC, P, LiAsF, LRe	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	BCSC,CI,LiAsF,LS	BCSC,CC,LiA,LS	BCSC,CI,C1H,LNS; BCSC,CI,C2H,LNS; BCSC,CI,CD,LNS	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe;
Chave Taxonómica	2.1.2,2.2.1,2.3.2.1,2.4.4; 2.1.2,2.2.1,2.3.2.2,2.4.4; 2.1.2,2.2.1,2.3.2.3,2.4.4	2.1.3.2,2.2.3,2.3.4.1,2.4.1	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.4.1+.2,2.4.1.	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.4.1,2.4.2	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.5,2.4.2	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1,2.4.4; 2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.2,2.4.4; 2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.3,2.4.4	2.1.3.2,2.2.2.1,2.3.2.1+.4.1+.4.2,2.4.1
Fornecedor	Vecofabril Palfinger (Lisfil); Metalomaior	Vecofabril (Iride)	Diversos: Volvaler, Auto-sueco, Vecofabril, Soma	Vecofabril (Ecofar)	Vecofabril (FARID)	Mofil M	Cascais: Soma; Rosroca Sintra: Vecofabril (Farid)
Modelo Superestrutura	Diversos: 1829; Actros 2631; Atego S 1828 L; Atego 2528 ⁹²	Sat 800 Lvc Sar	Diversos:Haller x2 15; Haller m12x2; Haller m15 x2; VF4; Haller x2c	EC 50 BL	FMO 25	Euromof 20	Cascais: Haller; Cross S16
Modelo mecanismo elevação	Palfinguer	Iride/Ecofar LCV	Zoeller 50/240; Zoeller-Kipper MGHK 300.80; Zoeller Euro Delta 2301	Ecofar	FMO 25	Hiab 144 Bs-3 HiDuo	Vkran v3
Link	-	http://www.vecofabril.pt/prod_viatura_recolha_sem_compactacao.htm	http://www.soma.pt/index.php/component/spsimpleportfolio/item/1-carga-traseira http://www.vecofabril.pt/prod_viatura_compactacao_placa_8_25.htm	http://www.vecofabril.pt/prod_viatura_recolha_lateral_ec50_bl.htm	http://www.faridindustrie.it/english/popup_farid_sideloadingcompactors_fmo.htm	http://www.mofil.pt/fich_up/Polibenne%2025%20-%206100%20-%20MOFIL02.pdf	http://www.soma.pt/index.php/component/spsimpleportfolio/item/2-carga-topo-multifuncoes http://www.rosroca.com/en/products/waste-collection/
Localização	Sintra (HPEM)	Lisboa (CML)	Lisboa (CML)	Lisboa (CML)	Sintra (HPEM)	Sintra (HPEM)	Cascais (EMAC) e Sintra (HPEM)

⁹² No caso das viaturas de caixa aberta, indicia-se o modelo do Chassis, uma vez que as viaturas são fornecidas com a caixa montada que não são identificadas pelo modelo mas pela capacidade.

Tabela V-6: Viaturas de lavagem analisadas na área de estudo

Viaturas			
Referência	V8	V9	
Capacidade do reservatório de água limpa e suja (m³; m³)	7;7	6,2; 4,9	
Fornecedor	Soma	Vecofabril	
Modelo Superestrutura	Haller 4/7000	Moro teveico (FARID)	
Modelo mecanismo elevação	Zoeller Kipper	Farid	
Link	http://soma.pt/index.php/component/spsimpleportfolio/item/6-equipamentoslavagem	http://www.vecofabril.pt/prod_viatura_lavagem_contentores_lateral.htm	
Localização	Lisboa (CML)	Sintra (HPEM)	

Os indicadores de serviço foram calculados para os recipientes ou viaturas separadamente (quando um dos inputs resultada de condições específicas da área de serviço, como o peso específico dos resíduos) ou para os sistemas de recolha da área de estudo analisados, para os três fluxos de recolha selectiva de resíduos de embalagens (sempre que existissem diferenças entre fluxos).

Os sistemas de recolha analisados, que resultam da combinação dos equipamentos apresentados na Tabela V-4 e Tabela V-5, já listados na Tabela III-15, apresentam-se agora na Tabela V-7 de acordo com a classificação taxonómica e fluxos de resíduos recolhidos, discriminando-se a capacidade do recipiente, para dois sistemas. Na tabela indica-se também o Município onde o sistema em questão funciona, e a Entidade Gestora (EG) responsável pela gestão do serviço ou Prestador de Serviços (PS, *em itálico*), se aplicável.

No total foram estudados dezoito sistemas, e vinte e quatro “sub-sistemas” (considerando as diferentes capacidades dos recipientes dos sistemas C1V5 e C10V3), constituindo, com os três fluxos de resíduos, cinquenta e sete combinações possíveis, isto é, cinquenta e sete amostras de dados.

Tabela V-7: Sistemas de recolha onde se aplicaram os indicadores do MCBSR

Ref. ^a	Acrónimo do Sistema	Fluxo de resíduo	Município(EG/PS)
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM), Cascais (EMAC)
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Sintra (HPEM)
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Cascais (EMAC)
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C4V6	SU, WoC,EC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	Papel/Cartão	Sintra (HPEM)
C4V7	SU, WoC,EC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (SUMA)
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal; Vidro	Sintra (HPEM)

Tabela V-7: Sistemas de recolha onde se aplicaram os indicadores do MCBSR (continuação)

Ref. ^a	Acrónimo do Sistema	Fluxo de resíduo	Município(EG/PS)
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	Papel/Cartão; Plástico/Metal Vidro	Sintra (SUMA)
C8V1	U,WoC,OPG,C2R- BOSC,WoM,C2H,LNS	Vidro	Cascais (EMAC)
C8V7	U,WoC,OPG,C2R- BCSC, CI, C2H, LiAsF+LiAsB, LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Cascais (EMAC)
C9V2	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,P,LiAsF,LRe	Vidro	Lisboa (CML)
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)
C10.1V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)
C10.2V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)
C10.3V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)
C10.4V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	Papel/Cartão; Plástico/Metal	Lisboa (CML)

No capítulo seguinte, os resultados são apresentados na forma de gráficos de barras, para permitir uma análise mais fácil, no entanto, todos os valores foram tabelados no Anexo AV.1, onde também se apresenta a análise estatística utilizada para resumir e analisar as amostras de dados.

V.3.2 INDICADORES DE EQUIPAMENTO

V.3.2.1 INDICADORES OPERACIONAIS DE EQUIPAMENTO

Indicadores de recipientes operacionais

IRO.1) Área de implantação do recipiente (Indicador de concepção)

A área de implantação foi calculada para os diferentes recipientes, excepto para os sacos (S,WoW,WoC,WoCo), onde este indicador não se aplica, uma vez que estes recipientes ficam em espaço privado, não ocupando espaço na via pública, e sendo apenas provisoriamente colocados no exterior das habitações nos dias e horas pré-definidas para serem recolhidos pela viatura.

Os valores que se apresentam no gráfico da Figura V-1 resultam dos dados base (comprimento e largura ou diâmetro) medidos durante as campanhas de recolha de informação, que se apresentaram na tabela AIII.3.1.1 do Anexo AIII. Existem modelos com geometrias ou dimensões diferentes para os três fluxos de resíduos, apresentando-se no gráfico o resultado da média das áreas de implantação dos três fluxos nestes casos, para facilitar a comparação entre os diferentes recipientes.

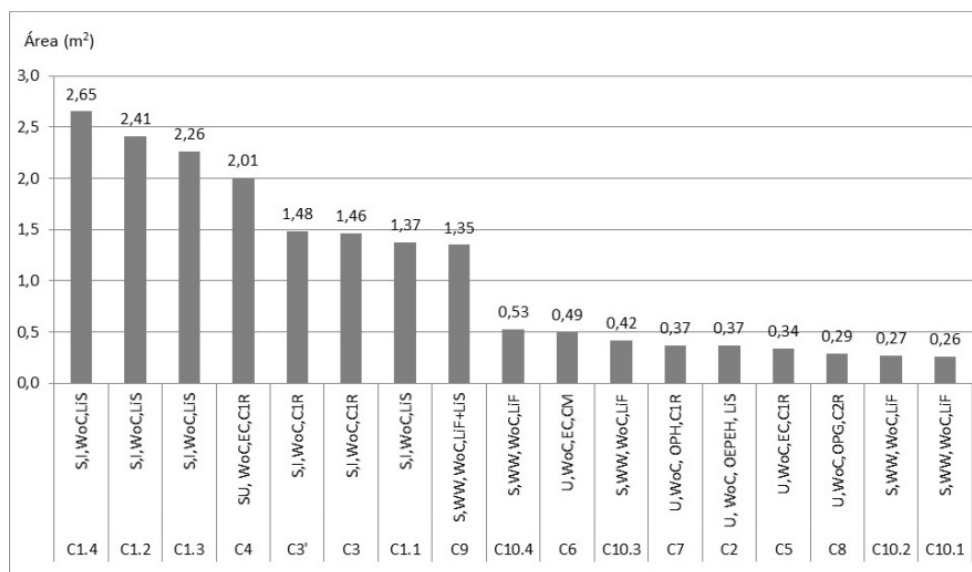


Figura V-1: Indicador IRO.1 – Área de implantação do recipiente

Da análise da Figura V-1, verifica-se que a área de implantação varia muito entre equipamentos, desde 2,65 até 0,26 m². São os equipamentos de superfície que têm as maiores áreas de implantação, tal como seria esperado. De destacar o resultado para o equipamento semi-subterrâneo, *SU, WoCEC, C1R*, que apesar de ter parte da sua capacidade abaixo da cota do solo, obteve um valor superior a muitos equipamentos de superfície. Apesar disto, este resultado é acompanhado por uma capacidade de armazenamento superior, pelo que o mais correcto será cruzar estas duas variáveis - capacidade de armazenamento e área de implantação, que se apresenta a seguir.

Os melhores resultados (isto é, os recipientes que ocupam áreas menores) são os equipamentos de superfície móveis de duas rodas *S*, *WW*, *WoC*, *LiF*, que são também os que menor capacidade têm, com valores muito próximos dos recipientes subterrâneos do tipo *UWoC*, *OPG*, *C2R*, com apenas 0,29 m² de área ocupada pelas colunas de deposição.

Concluindo, os equipamentos de superfície de capacidade média/alta e semi-subterrâneos são os que ocupam mais área, sendo os equipamentos subterrâneos os que melhores resultados têm, em conjunto com os equipamentos de superfície móveis, de pequena capacidade (recipientes de duas rodas). Estes resultados devem no entanto ser cruzados com a capacidade de armazenamento, que se apresenta no indicador IRO.6.

IRO.2) Secção de deposição (Indicador de concepção)

As geometrias e dimensões das bocas de deposição são diferentes para os diferentes fluxos de resíduos, estando adaptadas às dimensões dos resíduos de embalagens de cada um, para evitar contaminação. Os resultados são apresentados na Figura V-2, Figura V-3 e Figura V-4 por fluxo de resíduo.

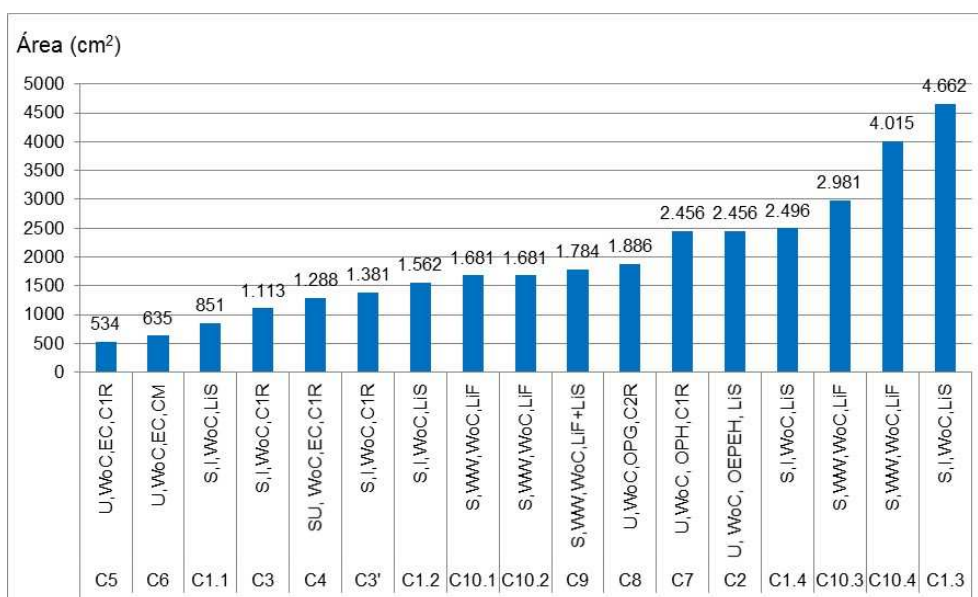


Figura V-2: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de papel/cartão

No caso dos recipientes destinados à deposição de papel/cartão, a secção livre para deposição varia entre os 534 cm², no caso dos recipientes subterrâneos compactos de argola simples *U, WoC, EC, C1R*, e os 4462 cm² - recipientes de superfície imóveis de recolha com elevador automático lateral, *S, I, WoC, LiS*. De referir que no caso dos equipamentos de superfície com duas rodas e apoios frontais *S, WW, WoC, LiF*, a deposição é livre, isto é, não existem rasgos ou bocas de deposição específicas para os diferentes fluxos, sendo a deposição realizada livremente pela abertura da tampa, caindo os resíduos directamente no contentor. Neste caso, a secção livre de deposição é dada pela secção superior do corpo do contentor. O mesmo acontece nos contentores subterrâneos de plataforma a gás de argola dupla, *U, WoC, OPG, C2R*, onde a deposição deste fluxo é feita da mesma forma, através da abertura da tampa da coluna de deposição e queda “livre” dos resíduos no contentor subterrâneo.

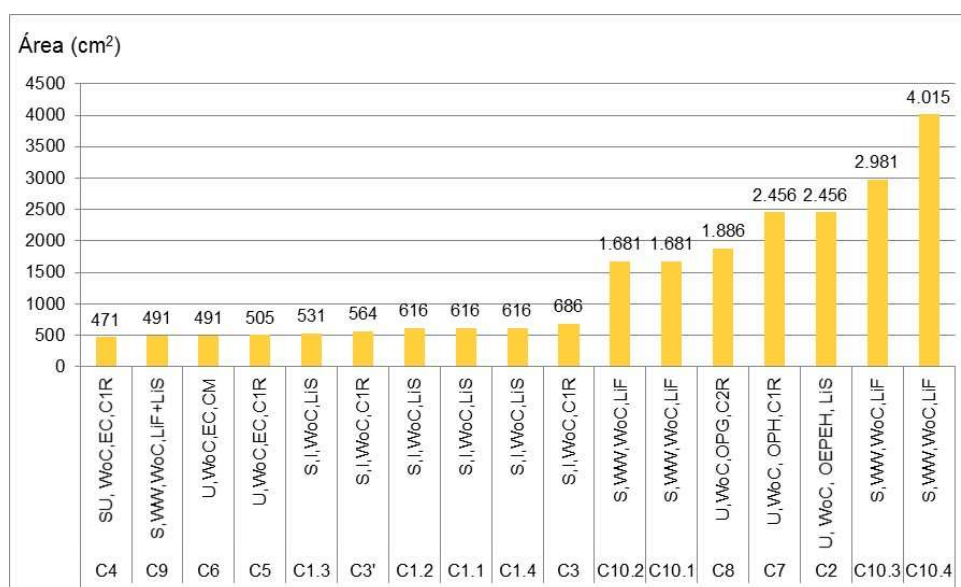


Figura V-3: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de plástico/metal

No caso dos contentores subterrâneos de plataforma de abertura hidráulica de argola simples,

U, WoC, OPH, C1R, a deposição é feita através de um tambor rotativo, não existindo também bocas de deposição específicas, mas a deposição não é directa, uma vez que só depois de rodar o tambor é que existe a queda dos resíduos no contentor.

Nos recipientes destinados à deposição de embalagens de plástico/metall, a secção livre para deposição varia entre os 471 cm², no caso das bocas de deposição dos recipientes semi-subterrâneos compactos de argola simples *SU, WoC, EC, C1R*, e os 4015 cm², no caso dos recipientes de superfície com duas rodas e apoios frontais para recolha com elevador manual, de 360 l (C10.4), *S, WW, WoC, LiF*, que, tal como já se referiu, não têm bocas de deposição específicas, correspondendo esta secção à totalidade da abertura do contentor. A par com os recipientes de duas rodas das diferentes capacidades, também os equipamentos subterrâneos de plataforma de abertura (a gás *U, WoC, OPG, C2R* e hidráulica *U, WoC, OPH, C1R*) e os subterrâneos de plataforma de abertura e elevatória electro-hidráulica (*U, WoC, OEPEH, LiF*), têm secções de deposição maiores, acima de 1500 cm².



Figura V-4: Indicador IRO.2 – Secção de deposição do recipiente para o fluxo de vidro

Finalmente, nos recipientes destinados à deposição de vidro, a secção livre para deposição varia entre os 177 cm², no caso das bocas de deposição dos recipientes subterrâneos compactos com engate de cogumelo, *U, WoC, EC, CM*, e os 2456 cm², para os recipientes subterrâneos com plataformas de abertura e elevatória electro-hidráulicas com apoios frontais para elevador, *U, WoC, OEPEH, LiF*. Neste fluxo alguns tipos de recipientes não são utilizados, como é o caso dos contentores de superfície de duas rodas de apoios frontais para elevador (C10) e os sacos (C11).

A Figura V-5 permite comparar as dimensões das bocas de deposição entre os diferentes fluxos, tendo-se excluído desta análise os equipamentos que não eram equipados com bocas de deposição, isto é, aqueles onde a deposição não é feita através de rasgos com geometrias e dimensões específicas no corpo ou tampa do recipiente. Da análise destes gráficos rapidamente se conclui que os recipientes destinados à deposição de vidro têm na sua generalidade secções menores, seguidos de perto pelos destinados à deposição de embalagens de plástico/metall, destacando-se de forma muito clara os recipientes destinados aos resíduos do fluxo de papel/cartão, cujas dimensões obrigaram a desenhar bocas de deposição de dimensões mais generosas para poderem receber, por exemplo, caixas de cartão de embalagem de diversos produtos, como equipamentos eléctricos, que por vezes atingem

dimensões consideráveis (ex.^o embalagem de uma televisão). De facto, fazendo a média entre os diferentes tipos de recipientes do mesmo fluxo, chega-se a uma secção de deposição, no caso do papel/cartão, de 1631 cm², 559 cm² para os recipientes de embalagens de plástico/metal e 327 cm² para a deposição de embalagens de vidro. Se incluíssemos nesta análise todos os recipientes (isto é, aqueles onde a deposição é livre), os valores passavam para 1968, 1338 e 649 cm², respectivamente.

Concluindo, verifica-se que as secções de deposição variam muito entre tipos taxonómicos, mesmo dentro da mesma valência. Os recipientes com melhores resultados são os contentores de duas rodas de maiores capacidades (240 e 360 l) onde a secção de deposição corresponde a toda a secção do contentor (tampa aberta, sem bocas de deposição). Seguem-se os modelos subterrâneos de deposição livre (pela abertura da tampa, excepto no vidro, onde existe um redutor), os recipientes de superfície imóveis com apoios laterais para elevador automático (no caso dos recipientes destinados à deposição de papel/cartão) e os equipamentos subterrâneos de plataforma de abertura hidráulica onde a deposição é feita através de um tambor rotativo.

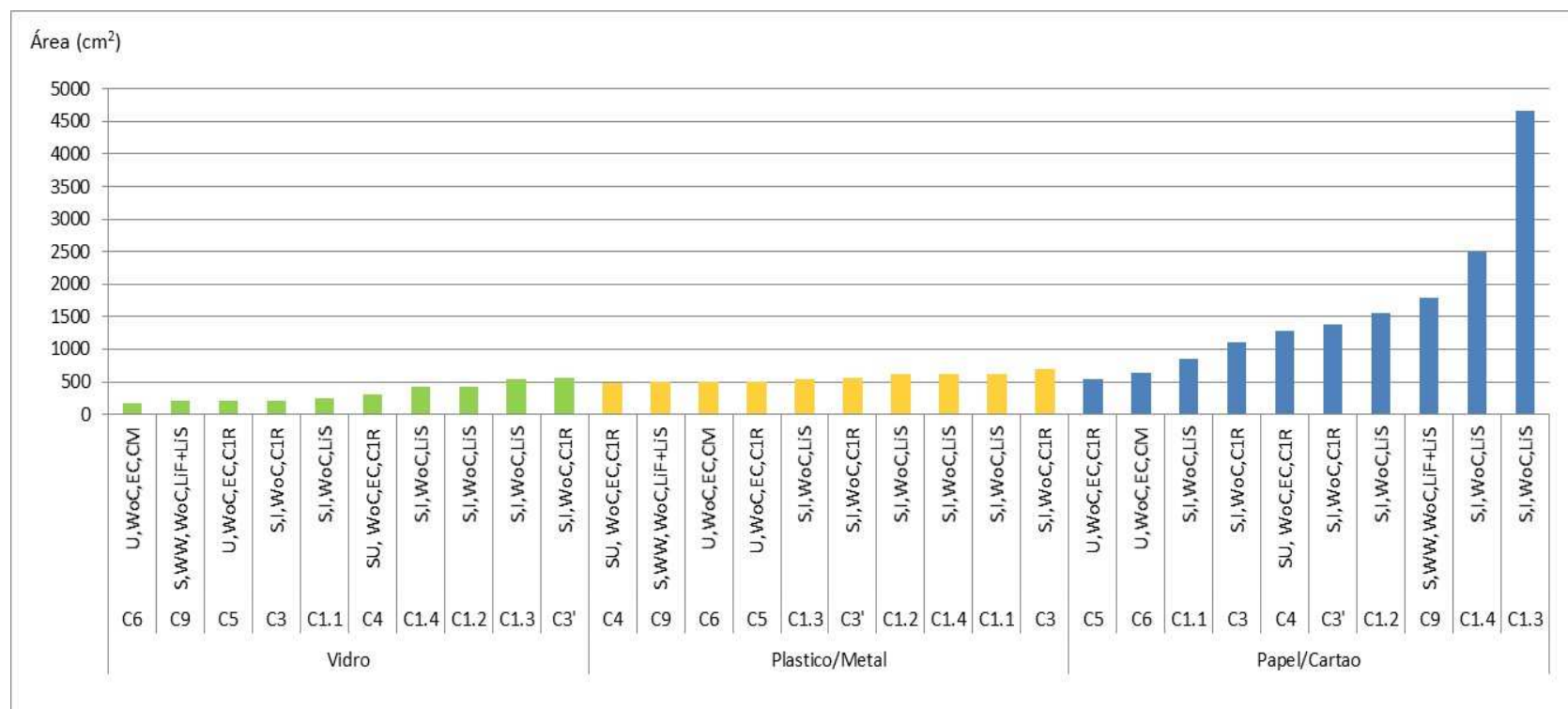


Figura V-5: Indicador IRO.2 – Secções das bocas de deposição dos recipientes para os três fluxos

IRO.3) Altura de deposição (Indicador de concepção)

A altura de deposição, medida desde o nível do solo até à altura menor da boca de deposição, tampa ou tambor de deposição, para os diferentes recipientes, apresenta-se na Figura V-6 (excepto para os sacos, onde o indicador não se aplica). Considerando que não existem grandes variações de altura de deposição para o mesmo recipiente nos diferentes fluxos de resíduos, adoptou-se a média dos três ou dois fluxos quando a altura era diferente, conforme aplicável.

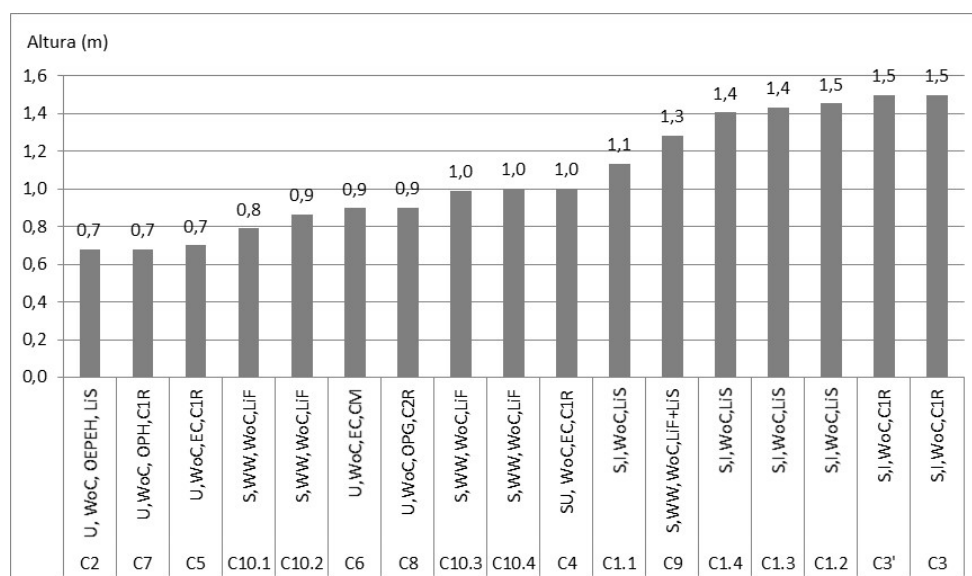


Figura V-6: Indicador IRO.3 – Altura de deposição

Da análise dos resultados para este indicador, verifica-se que os valores variam entre um mínimo de 0,68 m (*U, WoC, OEPEH, LiS*) e o máximo de 1,50 m (*S, I, WoC, C1R*). Tal como seria de esperar, os equipamentos com bocas de deposição mais altas são os de superfície de maiores dimensões, com maior capacidade, de recolha com grua (C3) e de recolha com elevador automático (C1.2, C1.3 e C1.4), seguidos dos de superfície de média capacidade de recolha com elevador manual e automático (C9 e C1.1). As alturas de deposição menores registam-se nos equipamentos subterrâneos (C2, C7 e C5). Os equipamentos semi-subterrâneos (C4) e os de superfície de pequena capacidade de duas rodas para recolha com elevador (C10) registam valores médios, entre 0,8 e 1 m, encontrando-se nesta gama também dois equipamentos subterrâneos (C6 e C8).

Concluindo, as colunas de deposição dos equipamentos subterrâneos estão geralmente associadas a alturas de deposição menores que as bocas de deposição dos equipamentos de superfície, e portanto a melhores resultados em termos de acessibilidade.

IRO.4) Capacidade líquida do recipiente (Indicador de dimensionamento)

Tal como foi descrito na metodologia, em alguns recipientes a capacidade indicada pelos fornecedores nem sempre corresponde à capacidade líquida disponível para armazenar resíduos, sendo esta última que deve ser utilizada na concepção e dimensionamento de sistemas de recolha. Os resultados obtidos para este indicador apresentam-se na Figura V-7, onde se apresentam também os valores de capacidade bruta, para comparação. De referir que se trata de médias da capacidade de cada tipo taxonómico para os três fluxos de resíduos, para permitir uma avaliação e comparação fácil entre tipos taxonómicos, apresentando-se os valores individuais para cada recipiente e fluxo de resíduo no Anexo AV.1.

Da Figura V-7 resulta a enorme diversidade de capacidades líquidas dos recipientes que se encontraram na área de estudo, desde 90 l até 5000 l. Facilmente se conclui sobre a relação entre a capacidade líquida e a classe taxonómica relativa à instalação dos recipientes, uma vez que são os subterrâneos que apresentam maiores capacidades. Verifica-se também uma relação entre a classe taxonómica relativa ao sistema de acoplamento do recipiente e as capacidades líquidas, uma vez que os recipientes com engates destinados à recolha com elevador manual são os que menores capacidades apresentam, entre 90 e 1100 l, em contraste com os recipientes destinados à recolha com grua, que variam entre 2137 l e os 5000 l.

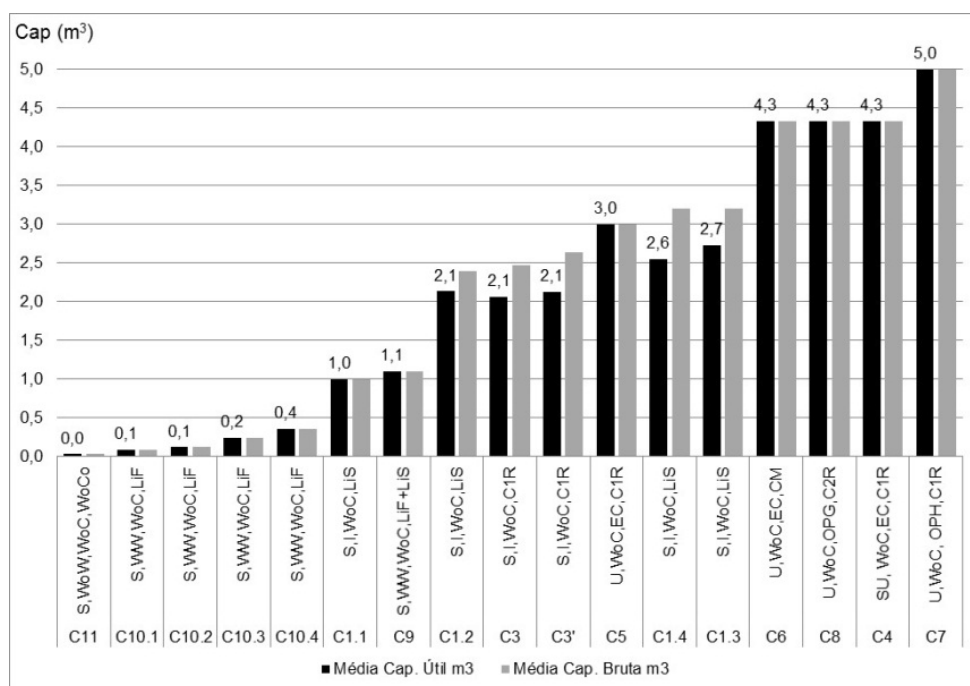


Figura V-7: Indicador IRO.4 – Capacidade líquida do recipiente

Este indicador dá a capacidade líquida real de armazenamento dos recipientes, existindo diferenças que podem ser consideráveis no dimensionamento de circuitos de recolha para contentores com a mesma indicação de capacidade bruta, mas que diferem na capacidade líquida. Por exemplo, os contentores imóveis de superfície com apoios laterais para elevador automático, C1.3 e C1.4, são ambos de 3200 l de capacidade bruta, no entanto, considerando as diferenças de geometria e posição das bocas de deposição, têm capacidade líquidas diferentes, de apenas 2700 e 2600 l, respectivamente.

Em relação à capacidade bruta e líquida, da análise deste gráfico conclui-se que existem diferenças consideráveis em alguns tipos taxonómicos de recipientes, nomeadamente nos equipamentos de superfície imóveis de argola simples para grua *S, I, WoC, C1R* e nos equipamentos de superfície imóveis de apoios laterais para elevador automático *S, I, WoC, LIS*. O peso percentual que esta diferença tem é medido pelo indicador a seguir.

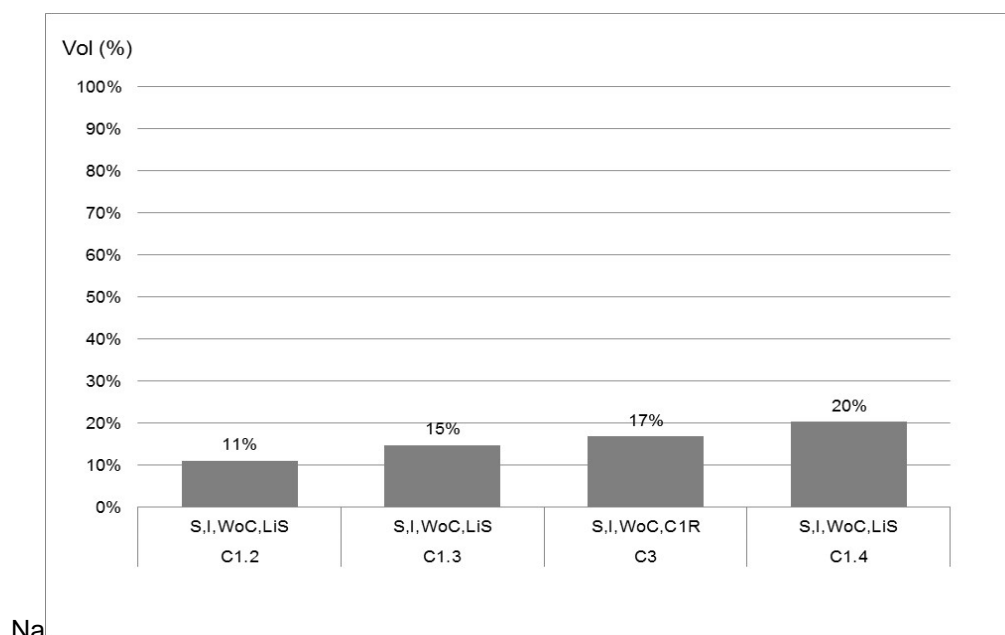
IRO.5) Volume não útil (Indicador de concepção)

Figura V-8 são analisados apenas os tipos taxonómicos de recipientes onde há diferenças entre capacidades úteis e bruta. O recipiente onde esta diferença é superior é o contentor de superfície, imóvel, de recolha com elevador automático, de 3200 l (C1.4), onde o volume não útil representa 20,2% da capacidade bruta, que fica assim reduzida a 2553 l. Outro tipo taxonómico onde a diferença é grande é o recipiente de superfície imóvel de argola simples para grua (C3), um dos modelos mais utilizados a nível nacional para a recolha selectiva, e que tem um valor médio de volume não útil, nos dois modelos analisados (C3 e C3'), de 18%, que representa cerca de 500 l que não estão disponíveis para armazenar resíduos.

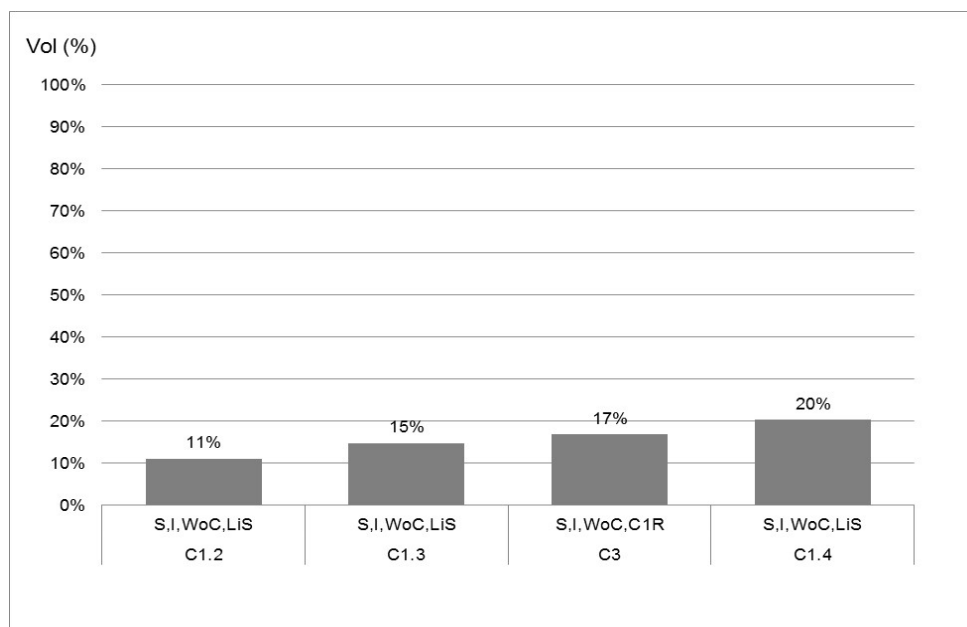


Figura V-8: Indicador IRO.5 – Volume não útil

IRO.6) Capacidade de armazenamento por metro quadrado (Indicador de benchmarking)

Do cruzamento do indicador IRO.1 – área de instalação do recipiente, com a sua capacidade líquida, indicador IRO.4, resulta o indicador de *benchmarking* IRO.6 que permite comparar de forma igualitária os diferentes tipos taxonómicos de recipientes, uma vez que a capacidade de armazenamento líquida está normalizada à área ocupada por cada um. Este indicador é particularmente útil quando a zona a servir tem pouco espaço público disponível para a instalação dos recipientes de deposição de RU mas tem captações elevadas, procurando-se um recipiente com o maior resultado possível para este rácio.

Mais uma vez, os valores apresentados no Figura V-9 são médias dos três ou dois fluxos de resíduos, apresentando-se os valores discriminados por fluxo de resíduo na Anexo AV.1.

A primeira conclusão que se pode tirar é a enorme variação nos valores obtidos para este indicador nos recipientes utilizados na área de estudo. Tal como seria de esperar, da análise deste gráfico resulta que os equipamentos subterrâneos são os que têm melhores resultados, com valores entre os 8,8 e 17,2 m³/m², destacando-se largamente dos modelos semi-subterrâneos e de superfície.

O modelo semi-subterrâneo (C4), apesar de ter a mesma gama de capacidades líquidas dos modelos subterrâneos, como ocupa uma área à superfície muito superior (valores elevados no indicador IRO.1), tem um resultado de 2,2 m³/m² que fica muito próximo de alguns modelos de superfície, pelo que se conclui que existe pouca vantagem na utilização de espaço no sub-solo para localizar parte da capacidade destes recipientes.

Nos modelos de superfície, os recipientes que obtêm pior resultado são os equipamentos com duas rodas com apoios frontais para a recolha com elevador manual, em particular na capacidade menor, de 90 l, com um resultado de 0,3 m³/m².

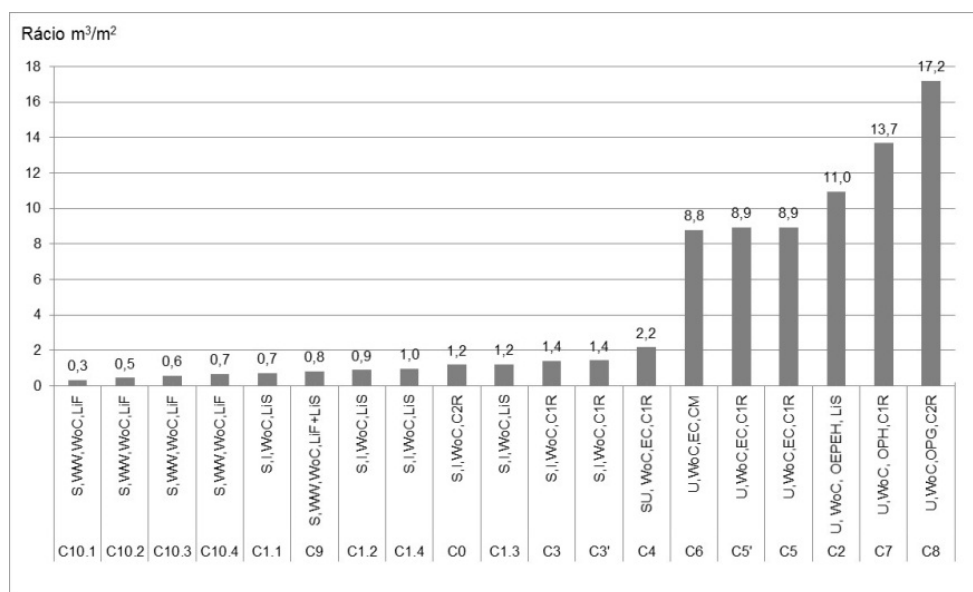
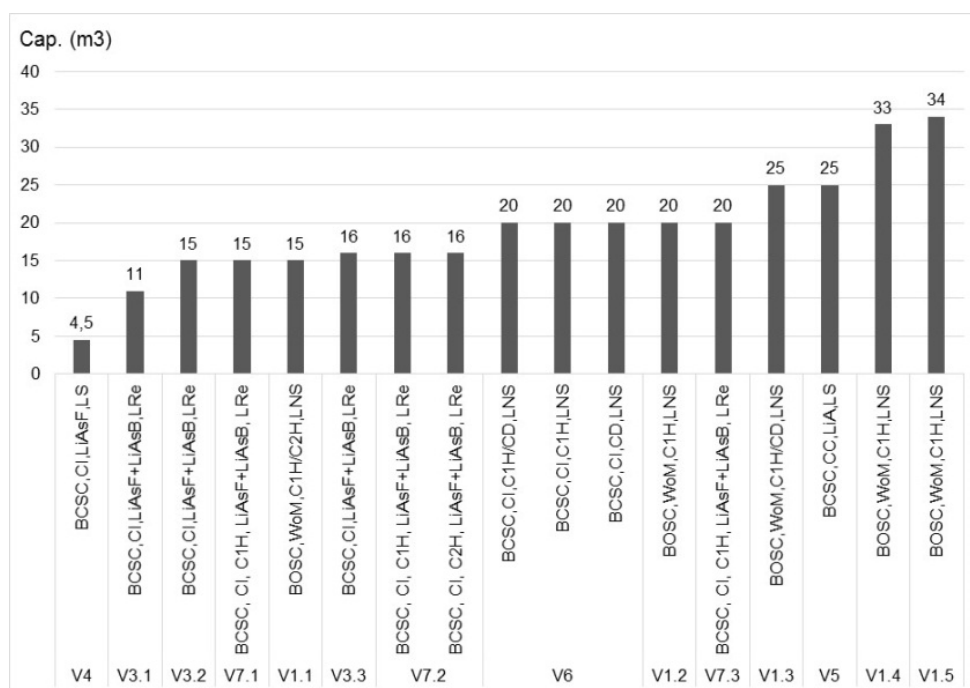


Figura V-9: Indicador IRO.6 – Capacidade de armazenamento por área de implantação

Indicadores de viaturas operacionais**IOV.1) Volume da caixa da viatura (Indicador de dimensionamento)**

Na FiguraV-10 apresentam-se os resultados para o primeiro indicador operacional das viaturas, que

mede a cubicagem da viatura sem entrar com o efeito da compactação, isto é, mede o volume da caixa ou superestrutura. Este indicador é útil ao dimensionamento dos circuitos nas viaturas sem mecanismo de compactação. Nas restantes teria que se cruzar este indicador com o factor de compactação, que é muito variável em função das características dos resíduos.



FiguraV-10: Indicador IVO.1 – Volume da caixa da viatura

Os valores são apresentados por tipo taxonómico e capacidade (código alfanumérico V1 a V7, subdividido nas diferentes capacidades, conforme se indica na Tabela V-5).

Na análise da FiguraV-10 verifica-se que existem diferentes capacidades na área de estudo para o mesmo tipo taxonómico, nomeadamente para as viaturas de caixa aberta com grua (*BOSC, WoM, C1H/2H/CD, LNS*), com cinco capacidades diferentes, desde 15 a 34 m³, viaturas de caixa fechada com compactação intermitente, grua e elevador de carga traseira (*BCSC, C1H/C2H, LiAsF+LiAsB, LRe*), que variam de 15 a 20 m³, e viaturas de caixa fechada com compactação intermitente e elevador de carga traseira (*BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe*) que variam menos na capacidade, entre 11 e 15 m³.

O tipo taxonómico com maiores capacidades são as viaturas de caixa aberta, o que seria de esperar, considerando que não têm compactação e que portanto na maioria dos fluxos de resíduos a carga fica limitada ao volume que conseguem acondicionar na caixa e não ao peso máximo legal. As viaturas satélite, *BCSC, P, LiAsF, LRe* e *BCSC, CI, LiAsF, LS* são as que menores capacidades têm, considerando que estão preparadas para funcionar na recolha de zonas de acessos difíceis e para descarregar em viaturas de recolha “mãe” de maiores capacidades que depois descarregam na estação de tratamento.

IOV.2) Peso líquido máximo legal (Indicador de dimensionamento)

Tal como no indicador anterior, este é um dado base para o dimensionamento dos circuitos de recolha, uma vez que o peso bruto máximo legal indicado no livrete da viatura limita o peso líquido que a viatura pode transportar, sendo assim fundamental conhecer este valor quando o factor limitante é o peso e não o volume dos resíduos (que acontece na recolha de fluxos com pesos específicos elevados, como no caso do vidro).

A análise dos resultados para este indicador, que resulta da diferença entre o peso bruto máximo legal e a tara (peso da viatura vazia), e comparação com o peso bruto máximo legal (Figura V-11), permite concluir que em alguns tipos de viaturas, a diferença entre o peso bruto e o peso líquido é bastante considerável, destacando-se pela negativa as viaturas com compactação intermitente e elevador de carga traseira (V3) e as com compactação intermitente, elevador de carga traseira e grua (V7). As viaturas que melhores resultados têm são as viaturas *multilift* com compactador intermitente móvel e grua, onde a diferença entre o peso bruto e líquido é menor, conseguindo transportar até 18,2 toneladas de resíduos, que representa o maior valor para este indicador e que pode ser decisivo na optimização de circuitos de recolha. A viatura com pior resultado é a viatura satélite V4, que como seria de esperar acompanha a reduzida cubicagem da caixa com um valor do peso máximo transportável muito baixo, de apenas 0,52 toneladas, sendo assim uma viatura adequada para resíduos com pesos específicos baixos e bastante compactáveis, já que esta viatura está equipada com uma placa compactadora.

Esta análise comparativa entre o peso bruto e o peso líquido máximo legal permite ainda avaliar uma boa ou má combinação chassis e superestrutura, isto é, pode indiciar que a caixa ou superestrutura montada sobre o chassis não é compatível com o mesmo, por “consumir” grande parte do peso legal que o mesmo pode suportar, sobrando pouco peso disponível para carregar resíduos.

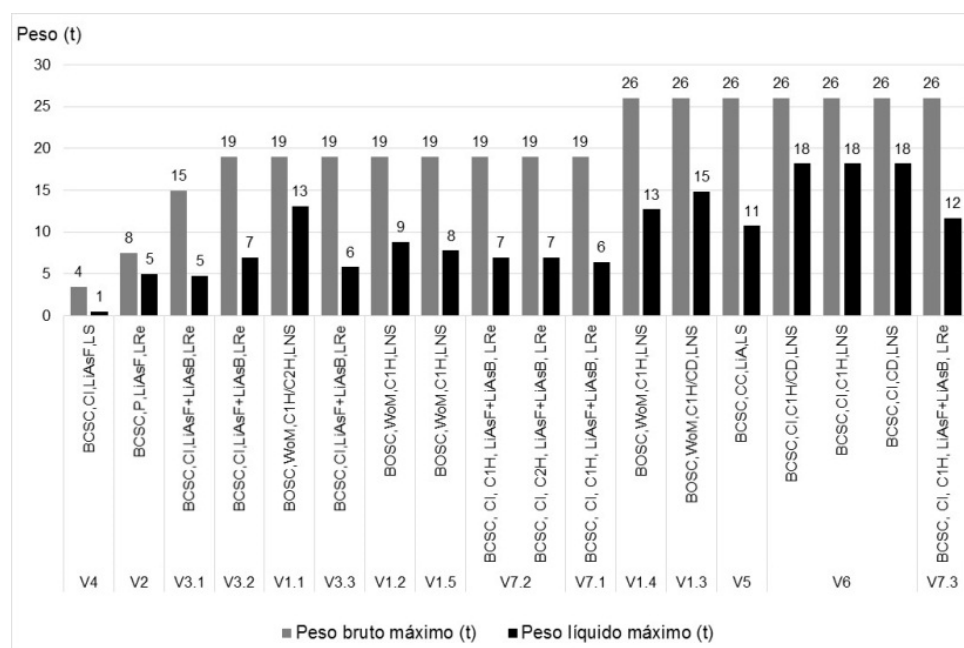


Figura V-11: Indicador IVO.2 – Peso líquido máximo legal

IOV.3) Alcance máximo da grua (Indicador de concepção)

Este indicador e dois indicadores seguintes, aplicam-se exclusivamente às viaturas com os tipos taxonómicos onde o sistema de acoplamento e elevação dos recipientes é a grua. Os resultados para este indicador, que permitem medir a distância a que a viatura pode recolher um recipiente apresentam-se na Figura V-12.

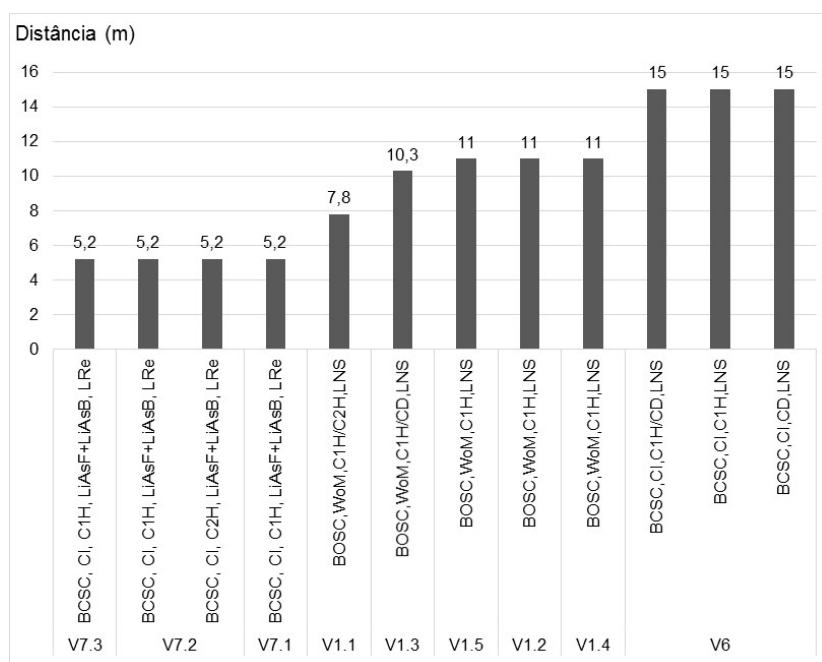


Figura V-12: Indicador IVO.3 – Alcance máximo da grua

A análise do gráfico permite concluir que existe uma enorme variação do alcance das gruas instaladas nas viaturas da área de estudo, tendo as viaturas com melhores resultados um alcance três vezes superior às viaturas com piores resultados. De destacar as viaturas de caixa fechada com compactação intermitente, elevador de carga traseira e grua (*BCSC, CI, C1H/C2H, LiAsF+LiAsB, LRe*), onde o alcance das gruas é bastante inferior ao dos restantes tipos taxonómicos: esta diferença deve-se ao tipo de grua, uma vez que neste tipo de viaturas se instalam pequenas gruas telescópicas sobre a zona posterior da caixa da viatura. Pelo contrário, nas restantes tipologias taxonómicas, as gruas são maiores e são instaladas entre a cabine da viatura e a caixa.

Importa no entanto conhecer a capacidade de carga das gruas, uma vez que este indicador isoladamente não é suficiente para definir os recipientes compatíveis, que é apenas conseguido pelos indicadores a seguir.

IOV.4 e IVO.5) Capacidade máxima da grua e capacidade de carga no alcance máximo da grua (Indicadores de concepção e dimensionamento)

As capacidades de carga máxima das gruas e capacidades no alcance máximo das gruas para as diferentes viaturas analisadas apresentam-se na Figura V-13.

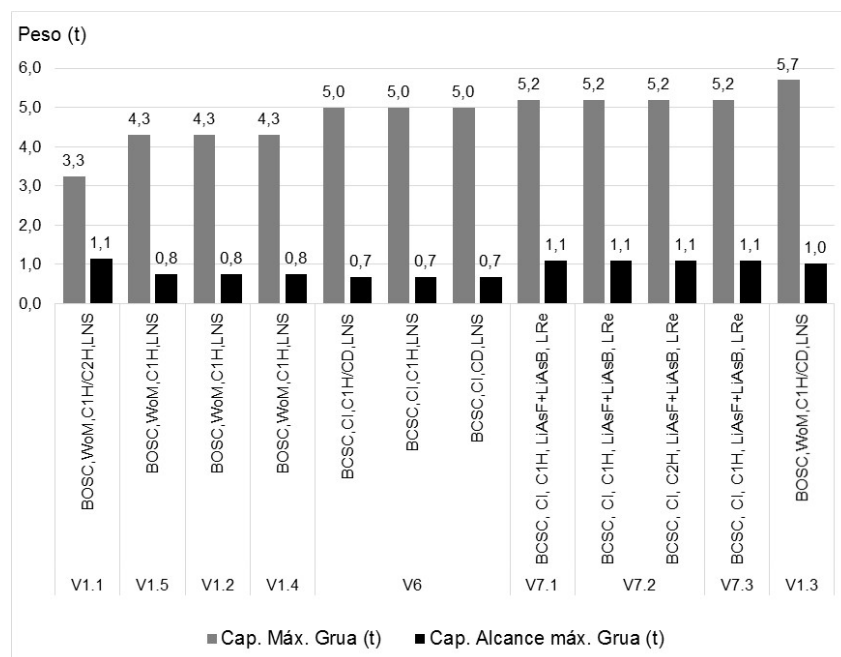


Figura V-13: Indicador IVO.4 e IVO.5 – Capacidade máxima de carga e capacidade no alcance máximo da grua

Da análise deste gráfico pode concluir-se sobre a redução que a capacidade de carga das guas sofre com a distância a que os recipientes são recolhidos. De facto, apesar da maioria das guas terem capacidade para recolher até cinco toneladas ou mais, no alcance máximo esta capacidade é reduzida para cerca de um quinto, para uma tonelada ou menos. Esta redução deve ser considerada, uma vez que nem sempre os recipientes a recolher estão acessíveis, obrigando a que a operação de recolha aconteça com a viatura afastada do recipiente, podendo, no limite, obrigar a usar o alcance máximo da grua, o que condiciona de forma definitiva a capacidade de carga.

Concluindo, é fundamental avaliar a capacidade de carga em conjunto com a distância de alcance das guas e também com o peso máximo que os recipientes a recolher podem ter, dado pelo indicador de serviço ISO.1 – *Peso máximo a elevar*, que se irá apresentar mais à frente neste capítulo.

IOV.6 e IOV.7) Largura da viatura e raio de curvatura (Indicadores de concepção)

Os valores obtidos para a largura e raio de curvatura das viaturas, determinantes para definir o tipo de vias onde as viaturas de recolha de RU podem circular e assim as áreas que podem servir, apresentam-se na Figura V-14. Algumas viaturas não tinham informação sobre a largura e raio de curvatura, nomeadamente as viaturas V1.2, V1.4 e V1.5 ou apenas sobre o raio – viaturas V1.1, V1.3, V3.3 e V7.

Da análise do gráfico verifica-se que a largura das viaturas varia menos que o raio, que se torna assim no factor limitante. Tal como esperado, as viaturas satélite (V2 e V4) são as que apresentam um raio de curvatura menor, com 5,80 e 5,45 m, respectivamente, tornando-as indicadas para zonas com ruas estreitas, como é o caso das zonas onde circulam em Lisboa. A viatura de caixa fechada com compactação contínua de tambor rotativo e elevador de carga traseira (V5) é a que maior raio de curvatura apresenta, com 8,05 m, sendo portanto uma viatura a eliminar do leque de opções quando a zona a servir tem vias com este tipo de limitações.

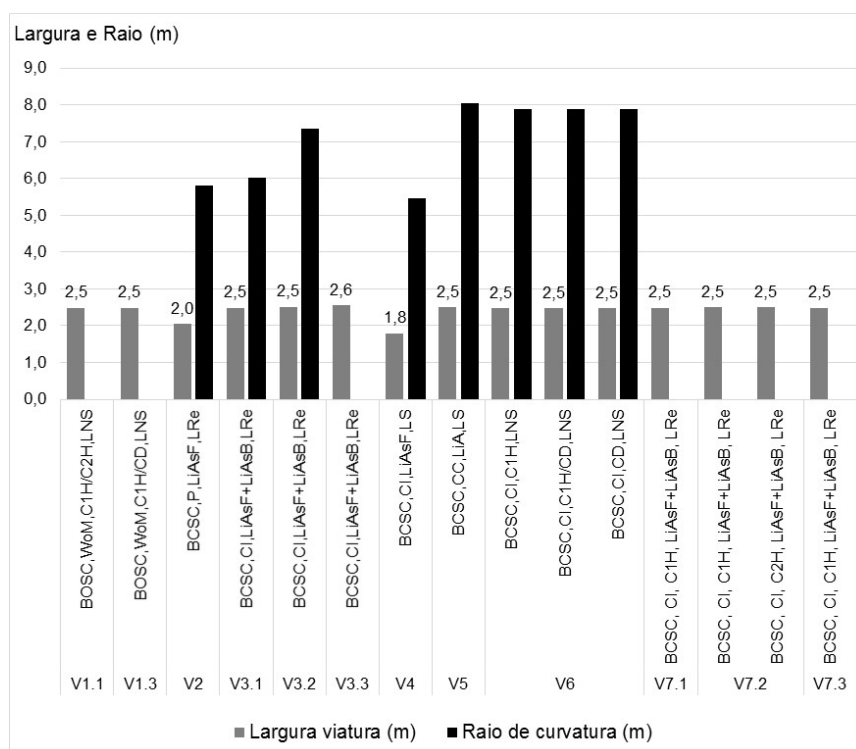


Figura V-14: Indicador IVO.6 e IVO.7 – Largura e Raio de curvatura da viatura

IOV.8 e IOV.9) Altura de circulação e de operação (Indicadores de concepção)

Para complementar a informação anterior devem ser conhecidas também as alturas de circulação e de operação das viaturas, considerando que as infraestruturas das cidades existentes nas vias (e.g. pontes, viadutos) e dos próprios edifícios (varandas e outros avançados) podem comprometer a circulação das viaturas ou a operação de recolha. Os resultados obtidos para estes dois indicadores apresentam-se na Figura V-15.

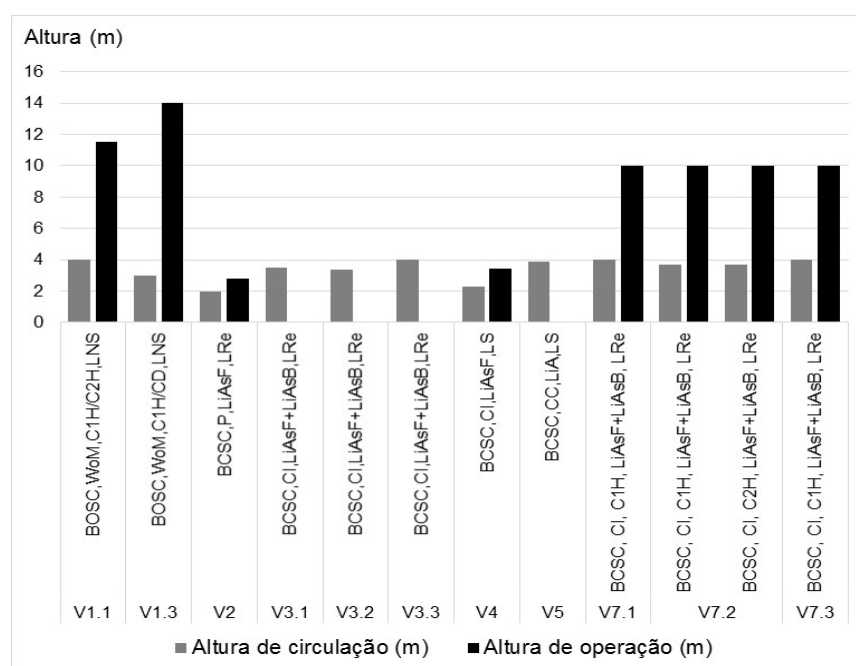


Figura V-15: Indicador IVO.8 e IVO.9 – Altura de circulação e de operação da viatura

Da análise do gráfico verifica-se que a altura de circulação - com o elevador ou grua recolhidos e de operação - com a grua estendida na altura máxima ou com contentor elevado, são muito diferentes nas viaturas onde o sistema de elevação dos recipientes utilizado é a grua, pelo que a altura de operação é particularmente relevante para estes tipos taxonómicos, sendo em média três vezes superior à de circulação (enquanto que no caso das viaturas com elevador a diferença é menor, apenas 1,5 vezes superior).

Verifica-se também que esta informação não constava do livrete e especificações técnicas dos equipamentos ou não era do conhecimento da Entidade Gestora no caso das V1.2, V1.4, V1.5 e V.6, sendo indicativo do empirismo associado ao planeamento dos serviços, considerando que se trata de viaturas com grua.

V.3.2.2 INDICADORES FINANCEIROS DE EQUIPAMENTO

Apesar dos indicadores financeiros de equipamento terem sido definidos para estarem aferidos à capacidade de liquida dos mesmos, optou-se por indicar neste capítulo também os custos de aquisição em absoluto, que são dados base que se consideraram úteis para a análise dos resultados. Optou-se também por apresentar os resultados por recipiente e por ecoponto, definido pelo conjunto dos três recipientes destinados aos fluxos de papel/cartão plástico/metall e vidro, ou apenas pelo conjunto de dois recipientes, destinados à deposição de papel/cartão e plástico/metall (nos sistemas de recolha porta-a-porta de Lisboa onde a recolha de vidro é colectiva).

Os dados base, resultados intermédios e valores finais para os indicadores apresentam-se no Anexo AV.1.

IRF.1) Custo anual de aquisição dos recipientes por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

Antes de calcular o indicador, apresentam-se os valores médios para os fluxos de resíduo do custo unitário anual (amortizados ao tempo de vida útil) dos recipientes (Figura V-16). De sublinhar que nos equipamentos subterrâneos incluem-se os custos de instalação (construção civil) cujos valores também se apresentam no anexo AV.1⁹³.

⁹³ No caso dos equipamentos de superfície não existem custos de instalação, excepto no caso dos recipientes móveis (com rodas), onde geralmente é necessária a criação de uma base em pavimento regularizado, com valores de custo muito variáveis em função do local e muito inferiores aos custos de instalação dos subterrâneos (até 150 €, para um cais simples – um contentor de 4 rodas); também podem ser instalados suportes metálicos como alternativa ou em adição ao cais, cujo valor ronda os 20 €/unidade, que é um custo opcional – só é necessário em zonas muito ventosas).

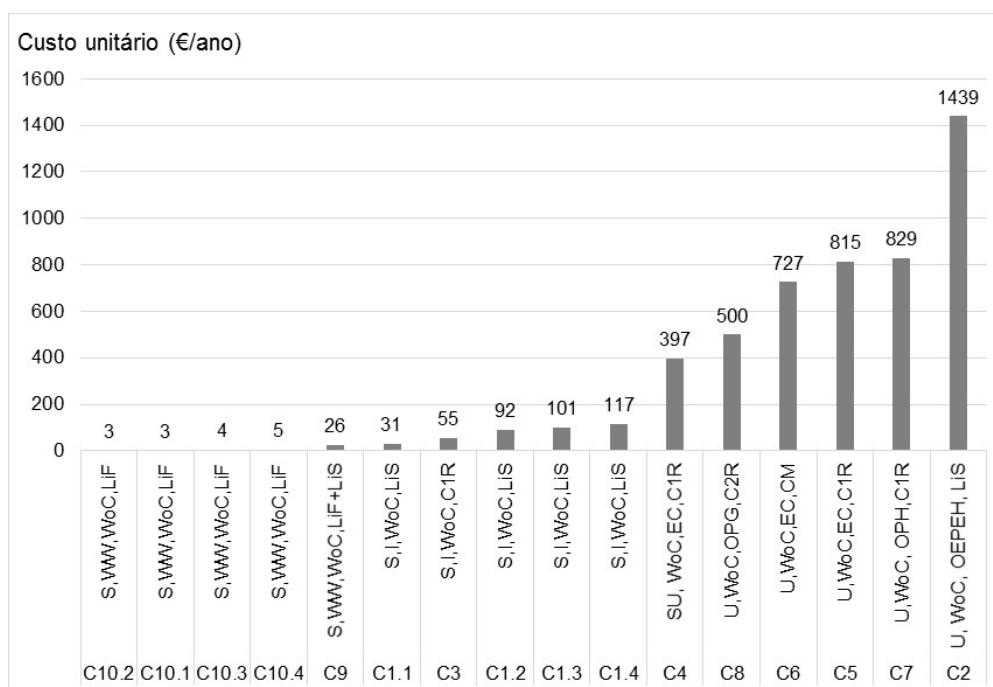


Figura V-16: Custo unitário anual de aquisição dos recipientes

Da análise do gráfico é fácil concluir sobre a enorme divergência nos valores apurados, de 3 a 1439 €/ano, sendo os recipientes de superfície naturalmente os que menores custos de aquisição têm. De ressaltar que o valor maior se refere ao equipamento subterrâneo de plataformas de abertura e elevatória electro-hidráulicas para elevador automático (C2), que é um equipamento recente e muito pouco divulgado a nível nacional (no ano em que foi adquirido, 2008, era único no mercado nacional, tendo sido adquirido apenas um conjunto), situação que terá agravado o seu preço.

Cruzando estes valores com a capacidade líquida (indicador IRO.4), obtém-se os resultados para o custo unitário por metro cúbico, que se apresentam na Figura V-17⁹⁴. Trata-se de valores médios, por recipiente, das três ou duas valências, uma vez que em alguns modelos o recipiente de vidro, tendo capacidade inferior, é também mais barato ou não existe. Os valores por ecoponto e por fluxo de resíduo, também por metro cúbico, apresentam-se no Anexo V.1.

⁹⁴ O custo de aquisição para os sacos resultou da estimativa do número de sacos consumidos durante o tempo de vida útil de um contentor de superfície, assumindo uma frequência de recolha típica do papel e embalagens: 2x semana para o P/C e 3 x semana para o P/M, isto é, 5 x semana.

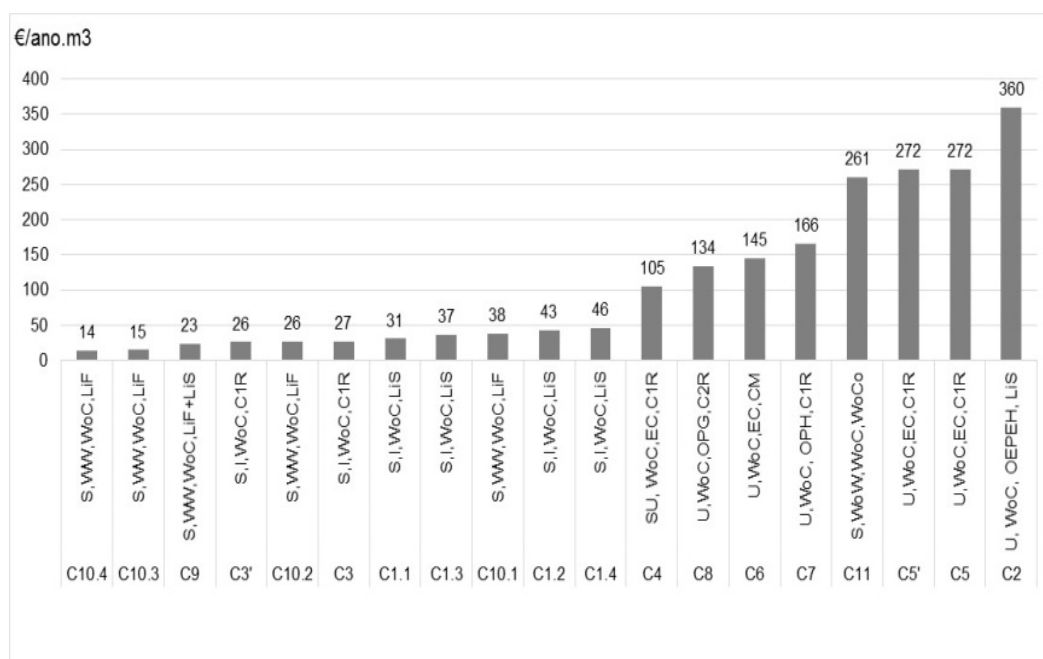


Figura V-17: Indicador IRF.1 – Custo de aquisição dos recipientes por metro cúbico

Da análise do gráfico acima, verifica-se que a tendência observada no gráfico anterior se mantém, identificando-se, no entanto, algumas inversões das posições relativas: os contentores subterrâneos compactos de argola simples, C5, passaram a ser os segundos mais caros, representado 272 €/ano.m³, como consequência de serem equipamentos subterrâneos de 3 m³ para todos os fluxos de resíduos, ao contrário dos restantes modelos, onde o papel/cartão e plástico/metalo são de 5 m³.

Os contentores de superfície de duas rodas (C10) e os de quatro rodas (C9) são os que apresentam um custo menor por metro cúbico de capacidade de armazenamento, sendo de referir que os 1100 l de capacidade dos de quatro rodas lhes permitiu ficar como terceiro melhor classificado.

Finalmente, e apesar de terem um preço unitário muito baixo, os recipientes móveis sem rodas ou mecanismo de acoplamento, isto é, os sacos (C11), apesar de terem um custo unitário muito mais baixo, sendo consumíveis e tendo uma capacidade também muito pequena, de apenas 30 l, acabam por custar 261 €/m³.ano, sendo assim um dos recipientes com piores resultados no indicador.

IVF.1) Custo anual de aquisição das viaturas e custo por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

Na Figura V-18 apresentam-se os resultados obtidos para os custos de aquisição apurados junto das entidades gestoras e amortizados ao tempo de vida útil, de acordo com a metodologia descrita no capítulo III. Os valores são médias por tipo taxonómico e capacidade (referências alfa-numéricas).

Não foi sido possível apresentar resultados para todos os tipos taxonómicos identificados porque algumas viaturas de Sintra foram adquiridas com um contrato de aluguer operacional, que inclui os custos de manutenção, sem qualquer discriminação das parcelas (isto é, é facturado um custo total), pelo que os dados não são comparáveis, tendo sido excluídas da análise deste indicador. Apesar disto existem dados para todos os tipos taxonómicos, excepto para as viaturas *multilift* de caixa fechada com compactador intermitente e grua (V6), que só existem em Sintra.

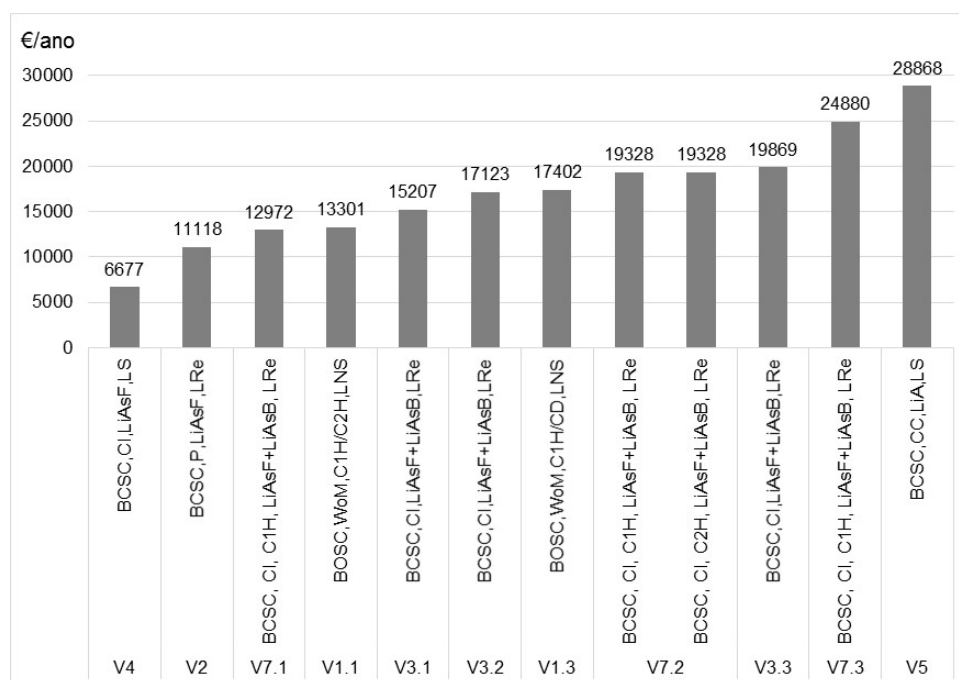


Figura V-18: Custo de aquisição anual das viaturas

Da análise do gráfico acima e da Figura V-19, onde se apresentam os resultados para este indicador, verifica-se que, apesar das viaturas satélite de caixa fechada com compactação intermitente e elevador de carga lateral (V4) e viaturas satélite de caixa fechada com grade e elevador de carga traseira (V2) apresentarem os menores custos de investimento anual, quando se cruza com a sua capacidade, tornam-se nos tipos taxonómicos com piores resultado para este indicador, com um custo anual por unidade de volume de 1484 e 1588 €/ano.m³, respectivamente.

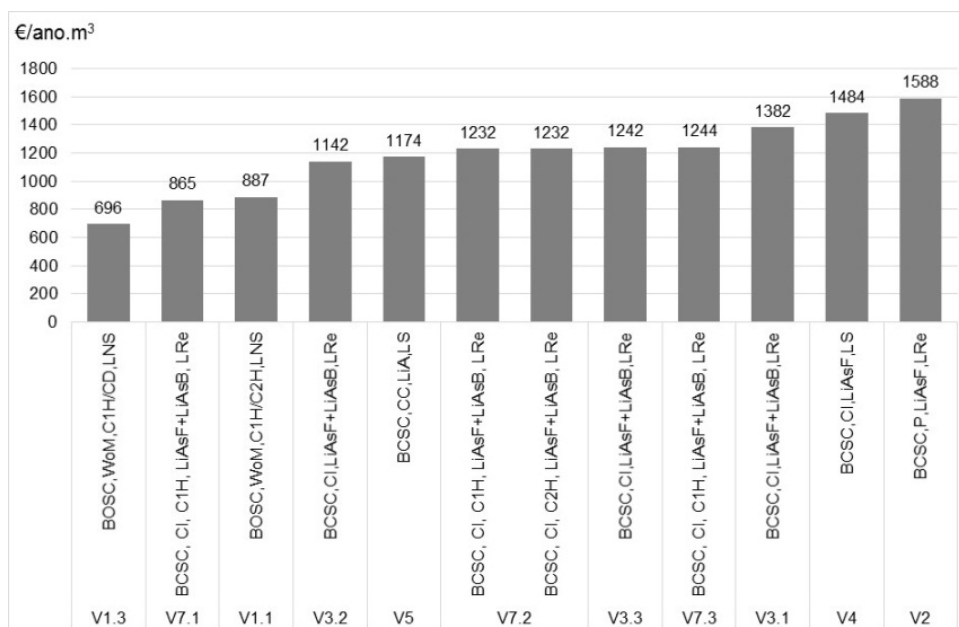


Figura V-19: Indicador IVF.1 – Custo de aquisição das viaturas por metro cúbico

As viaturas de caixa aberta e grua (V1) são as que apresentam o melhor resultado, com valores abaixo

dos 900 €/m³.ano, no entanto, há que ressaltar que este indicador não permite tirar conclusões entre viaturas com e sem compactação, uma vez que não entra com este factor, prejudicando assim as viaturas compactadoras. Comparando entre viaturas compactadoras, o tipo taxonómico com melhor resultado, em termos médios, é o das viaturas de corpo fechado com compactação intermitente, elevador traseiro e grua, apesar das viaturas de caixa fechada com compactação intermitente e elevador traseiro, que são as mais vulgarmente usadas na recolha de RU, também terem bons resultados.

Finalmente, de destacar o facto de apesar da viatura de caixa fechada compactadora de carga lateral com elevador automático (V5) ser, de longe, a mais cara, com um custo de investimento anual de 28.868 €/ano, tem um resultado tão bom ou melhor em alguns casos que as viaturas compactadoras “clássicas” de carga traseira manual, graças à sua cubicagem superior, de 25 m³.

IRF.2) Custo anual de manutenção dos recipientes por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

Antes de calcular o indicador, cujos resultados se apresentam na Figura V-21, os valores médios do custo unitário anual de manutenção dos recipientes identificados na área de estudo, que são úteis porque dão informação sobre os custos em absoluto, são apresentados na Figura V-20.

Da análise das Figura V-20 Figura V-21, verifica-se que em termos relativos se mantém o resultado obtido para o indicador IRF.1, uma vez que, tal como indicado na metodologia, o custo de manutenção resulta de um valor percentual aplicado ao custo de aquisição. Em termos absolutos importa referir que os contentores de superfície com rodas e apoios para elevador manual (C9 e C10) são os que menores custos de manutenção envolvem, com valores médios de 1 €/ano.m³, em contraste com os equipamentos subterrâneos, que envolvem, em média 8,5 €/m³.ano de custos de manutenção, isto é, mais de oito vezes mais. Mesmo excluindo da média dos subterrâneos o modelo C2, que apresenta os valores mais altos pelos motivos já referidos, o custo de manutenção passa para 7,2 €/ano.m³, mantendo-se assim bastante acima dos recipientes de superfície.

De referir que os sacos (recipiente C11), sendo consumíveis, não apresentam custos de manutenção.

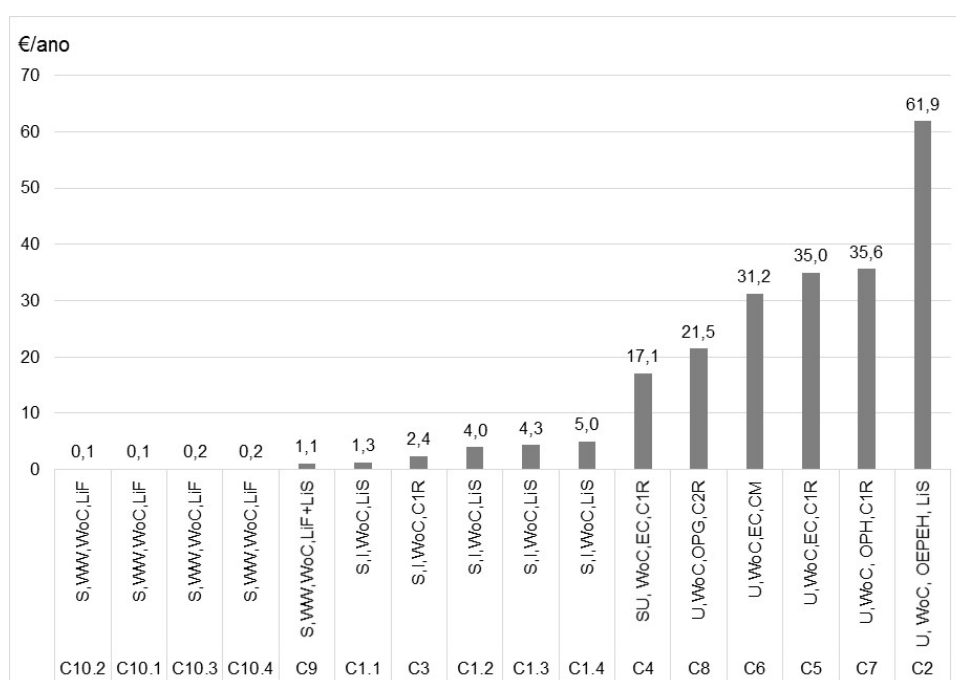


Figura V-20: Custo unitário anual de manutenção dos recipientes

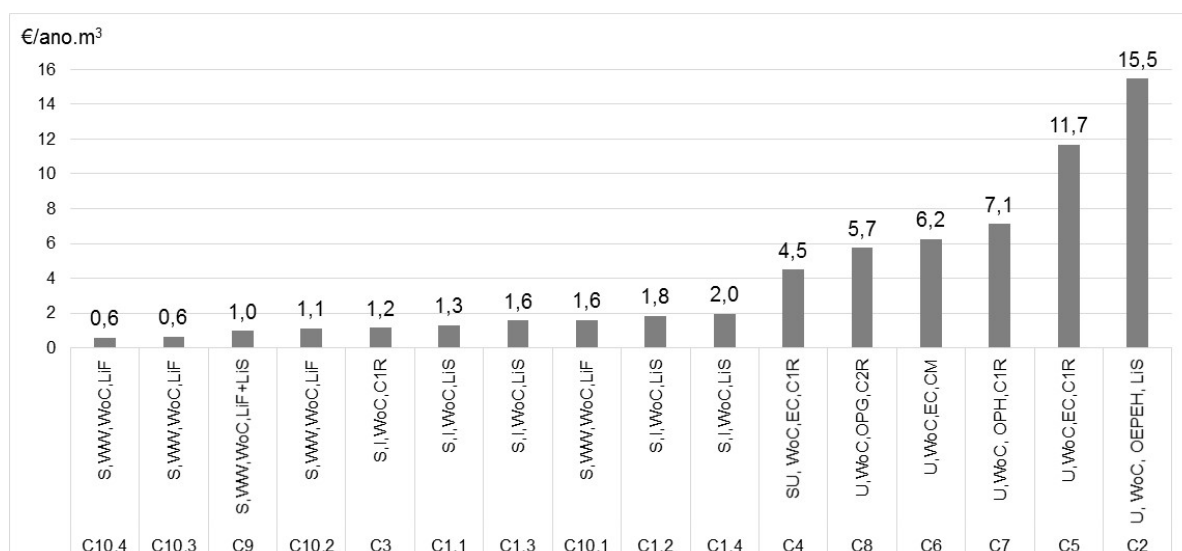


Figura V-21: Indicador IRF.2 – Custo anual de manutenção dos recipientes por metro cúbico

IVF.2) Custo anual de manutenção das viaturas por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

Na Figura V-22 apresentam-se os custos anuais de manutenção por tipo de viatura, e na Figura V-23 o valor obtido para o indicador ICF.2, para as mesmas viaturas. Ao contrário dos recipientes, os custos de manutenção das viaturas, tal como foi indicado no capítulo III da metodologia, não resultam de valores percentuais sobre o custo de aquisição, mas sim dos valores de custo mensais de manutenção indicados pelos fabricantes e fornecedores das viaturas, para cada tipo taxonómico.

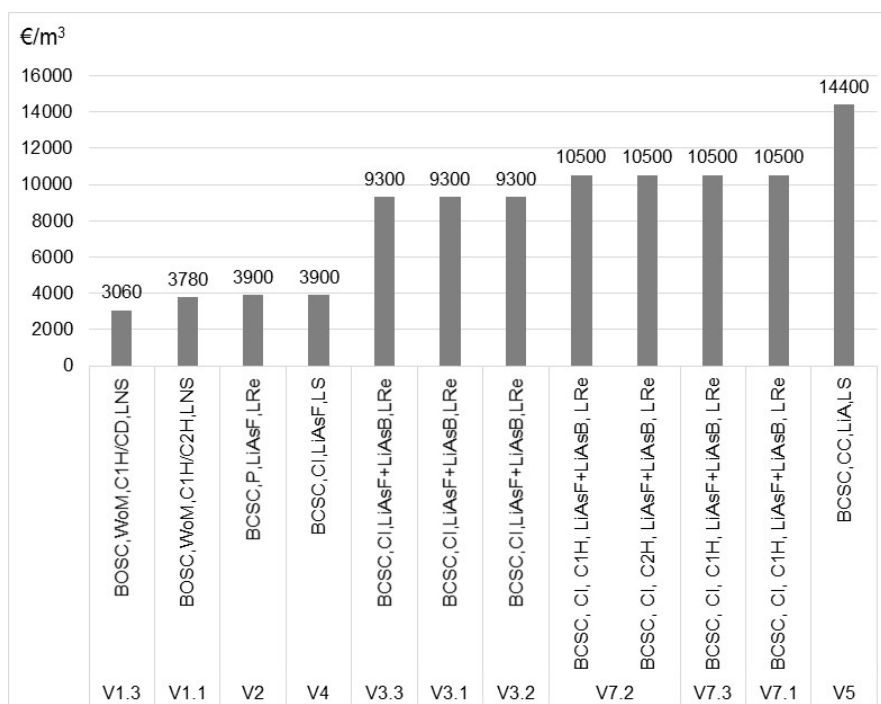


Figura V-22: Custo anual de manutenção das viaturas

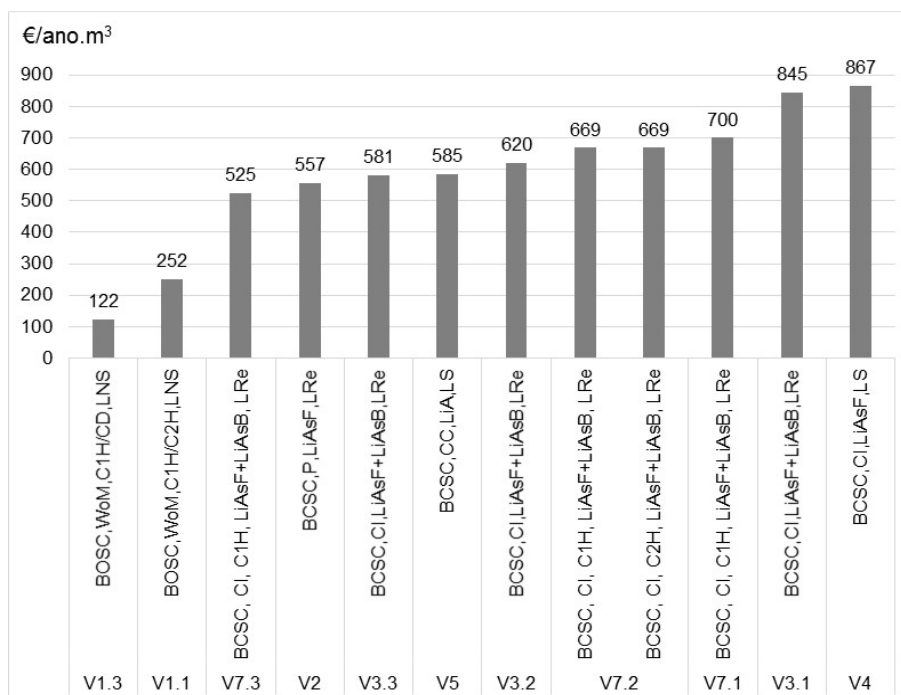


Figura V-23: Indicador IVF.2 – Custo anual de manutenção das viaturas por metro cúbico

Da análise dos Figura V-22 e Figura V-23, conclui-se que as viaturas de caixa aberta com grua (V1) são as que menores custos têm, como resultado da sua simplicidade, uma vez que não existe nenhuma mecanização na carroceria, sendo a grua hidráulica o único elemento com custos de manutenção, para além do chassis. De referir que uma das viaturas de caixa aberta de maior capacidade, com 25 m³, apresenta um custo de apenas 122 €/ano.m³, o que é um valor consideravelmente mais baixo que uma viatura compactadora com a mesma capacidade, V5, onde o valor sobe para 585 €/ano.m³.

A viatura satélite com compactação e elevador lateral, V4, apesar de ser a que menores custos de manutenção anuais tem, sendo também a viatura de menor capacidade (4,5 m³), é a que maior custo apresenta por unidade de volume, chegando aos 867 €/ano.m³.

IRF.3) Custo total anual dos recipientes por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

Na Figura V-24 apresentam-se os custos anuais totais dos diferentes tipos taxonómicos de recipientes da área de estudo, que resultam do somatório entre os valores apresentados na Figura V-16 e Figura V-20. No gráfico da Figura V-25, apresentam-se os resultados para o indicador, que resulta do quociente entre os valores de custo total e a capacidade líquida dos recipientes.

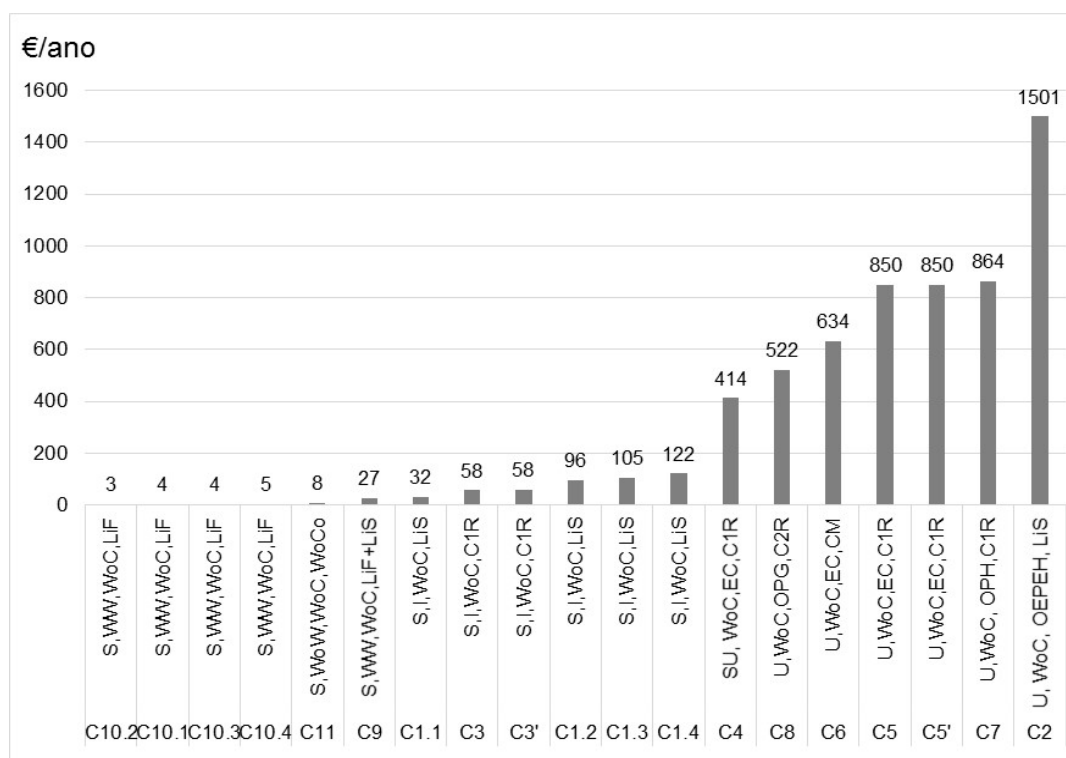


Figura V-24: Custo anual total (aquisição e manutenção) dos recipientes

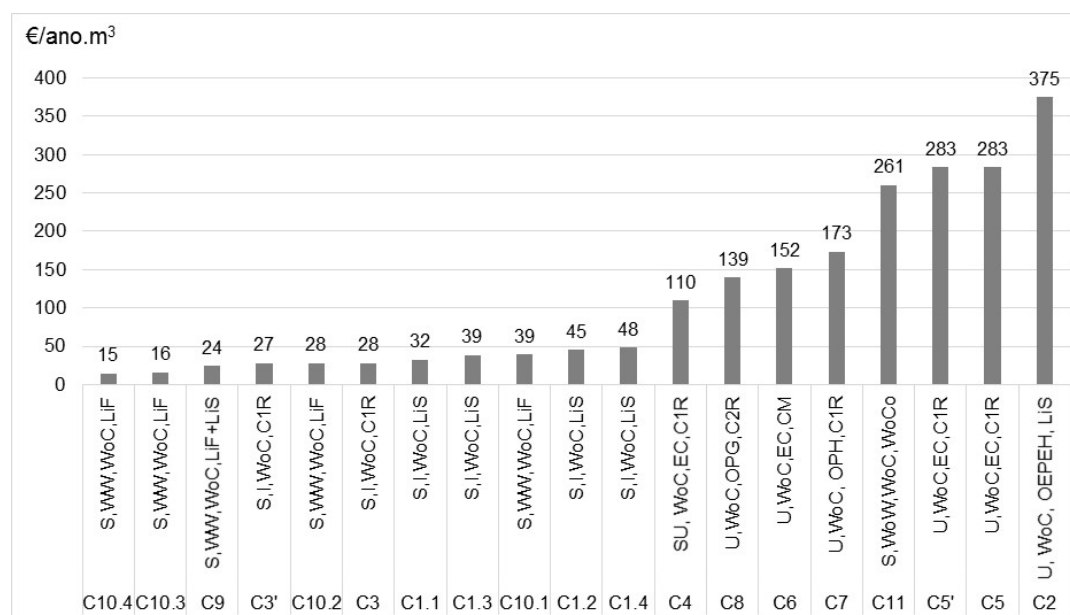


Figura V-25: Indicador IRF.3 - Custo anual total (aquisição e manutenção) dos recipientes por metro cúbico

Da análise dos gráficos acima conclui-se que os equipamentos com o custo total por unidade de volume menor são os contentores de superfície com duas rodas, com capacidades de 240 e 360 l, com resultados inferiores a 20 €/ano.m³. Também os contentores de quatro rodas de 1100 l têm valores baixos nos custos totais, com 24 €/ano.m³, assim como os contentores de superfície imóveis de argola simples para grua, de 2500 l de capacidade bruta (C3 e C3'), entre 27 e 28 €/ano.m³.

Já os equipamentos subterrâneos e os sacos não têm resultados positivos: a média do custo total no caso dos equipamentos subterrâneos ronda os 224 €/ano.m³, não sendo possível tirar nenhuma conclusão sobre diferenças de custo entre os modelos compactos e os modelos com plataforma(s), enquanto que os sacos (C11) têm um custo de 261 €/ano.m³. Os equipamentos semi-subterrâneos (C4) apresentam um custo total intermédio, de 110 €/ano.m³.

Estes valores anuais permitem avaliar as opções entre os diferentes recipientes e correspondentes sistemas de recolha, suportando análises custo-benefício entre o custos de aquisição e manutenção e os custos de exploração do sistema, permitindo assim prever, em função da utilização dos mesmos (frequências de recolha) o tempo de amortização do investimento em contentorização.

Mas para a análise estar completa, é necessário calcular os mesmos indicadores para as viaturas, que se apresentam abaixo.

IVF.3) Custo total anual das viaturas por metro cúbico (Indicador de benchmarking)

No gráfico da Figura V-26 apresentam-se os custos anuais totais dos diferentes tipos taxonómicos de viaturas da área de estudo, que resultam do somatório entre os valores apresentados na Figura V-18 e Figura V-22. Na Figura V-27, apresentam-se os resultados para o indicador, que resulta do quociente entre estes valores do custo total e a cubicagem das viaturas.

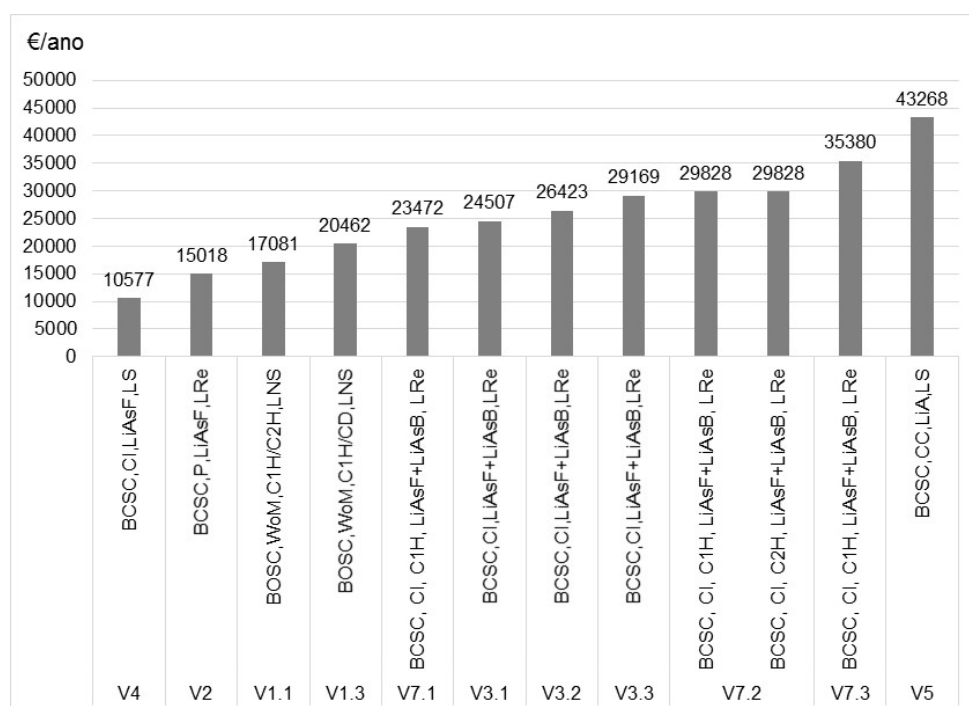


Figura V-26: Custo anual total (aquisição e manutenção) das viaturas

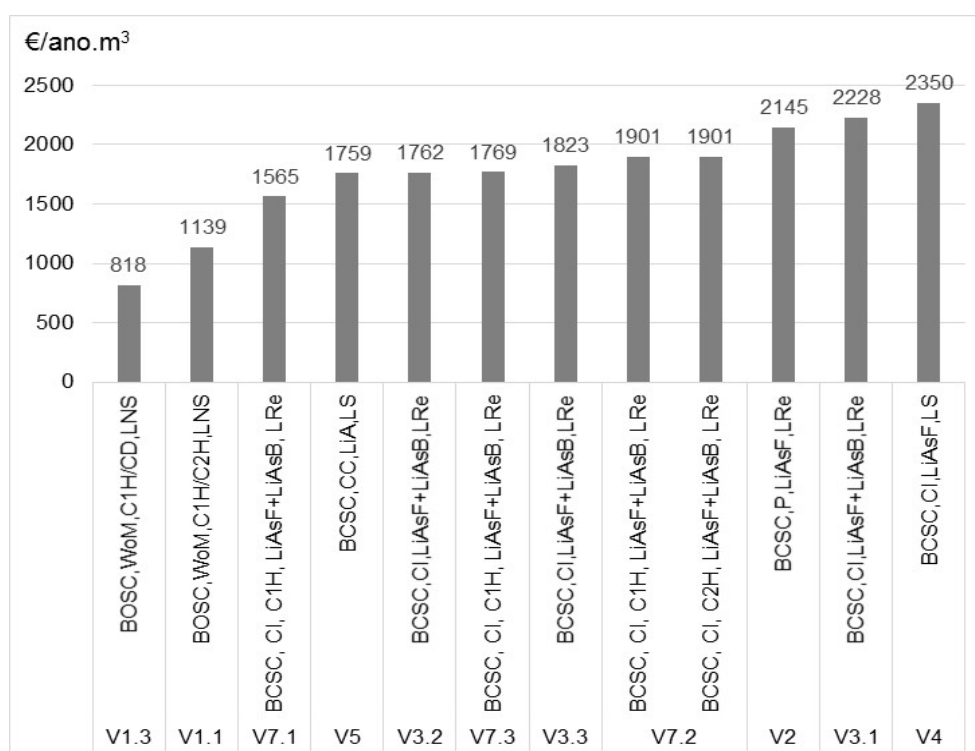


Figura V-27: Indicador IVF.3 - Custo anual total (aquisição e manutenção) das viaturas por metro cúbico

Da análise dos dois gráficos conclui-se que a viatura com o maior custo total é a viatura satélite de caixa fechada com compactação intermitente e elevador lateral, V4, devido à sua reduzida capacidade. As viaturas de caixa aberta com grua (V1), tal como seria esperado, têm os valores mais baixos, com 1.139 €/m³. anopara a viatura de caixa aberta de menor capacidade.

De referir que a viatura compactadora com elevador de carga lateral automático, V5, que tem o custo total anual mais elevado, apresenta depois valores para este indicador bastante razoáveis, apesar de ser a viatura com maior mecanização e automatização da caixa, o que não se traduz no indicador, graças à capacidade de 25 m³, acima dos valores habituais para o tipo taxonómico “concorrente”, as viaturas compactadoras de carga traseira (com capacidades máximas de 20 m³). Esta análise reflecte a importância deste indicador, uma vez que a comparação de valores de custo em absoluto de diferentes compactadoras leva a conclusões erradas, que este indicador ultrapassa ao cruzar com a capacidade do compactador, entrando assim com um factor de produção, que, naturalmente, terá consequências na rapidez com que o custo de investimento e mesmo os custos de manutenção se recuperam, pela maior capacidade, no pressuposto da viatura ser utilizada na sua potencialidade máxima (circuitos optimizados para descargas de viaturas cheias).

V.3.3 INDICADORES DE SERVIÇO - RECOLHA

V.3.3.1 INDICADORES OPERACIONAIS

ISO.1) Peso máximo total a elevar (Indicador de concepção e benchmarking)

Este indicador resulta dos valores medidos durante as campanhas de pesagem de contentores, isto é, corresponde ao peso total do contentor cheio (taxa de enchimento de 100%), medido para todos os

tipos de recipientes e para os três fluxos de resíduos. É um indicador essencial para avaliar a compatibilidade contentor-viatura dada pelos resultados deste e dos indicadores IVO.4 e IVO.5.

Os resultados obtidos são os que se apresentam nas Figura V-28, Figura V-29 e Figura V-30: apresenta-se a média dos valores medidos, e também o valor máximo, considerando a heterogeneidade dos RU e o objectivo deste indicador.

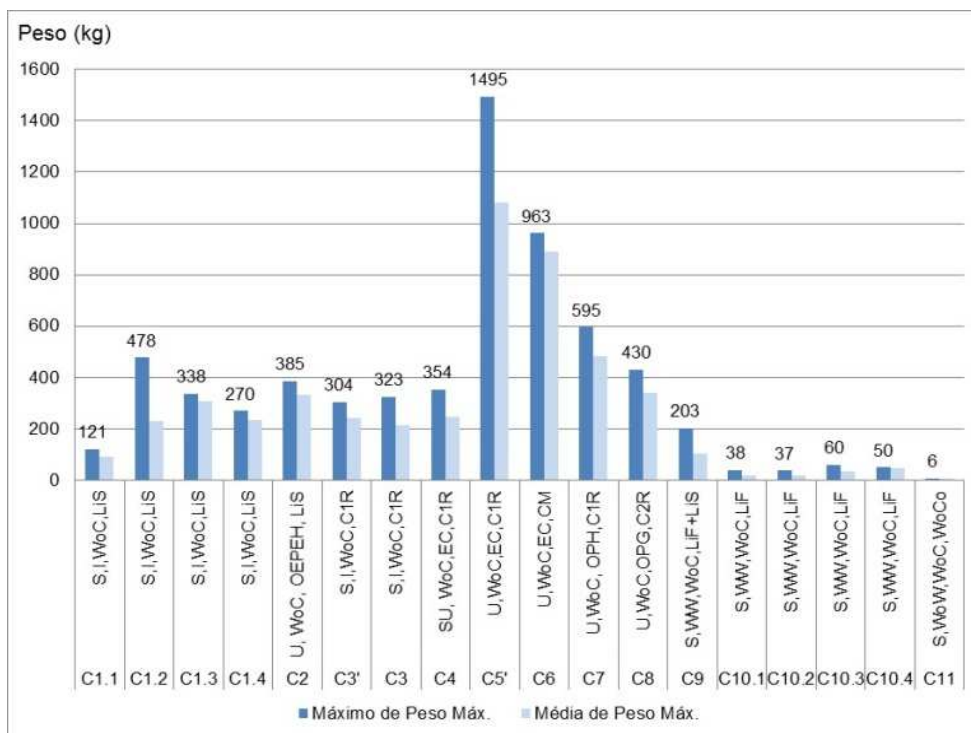


Figura V-28: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Papel/cartão

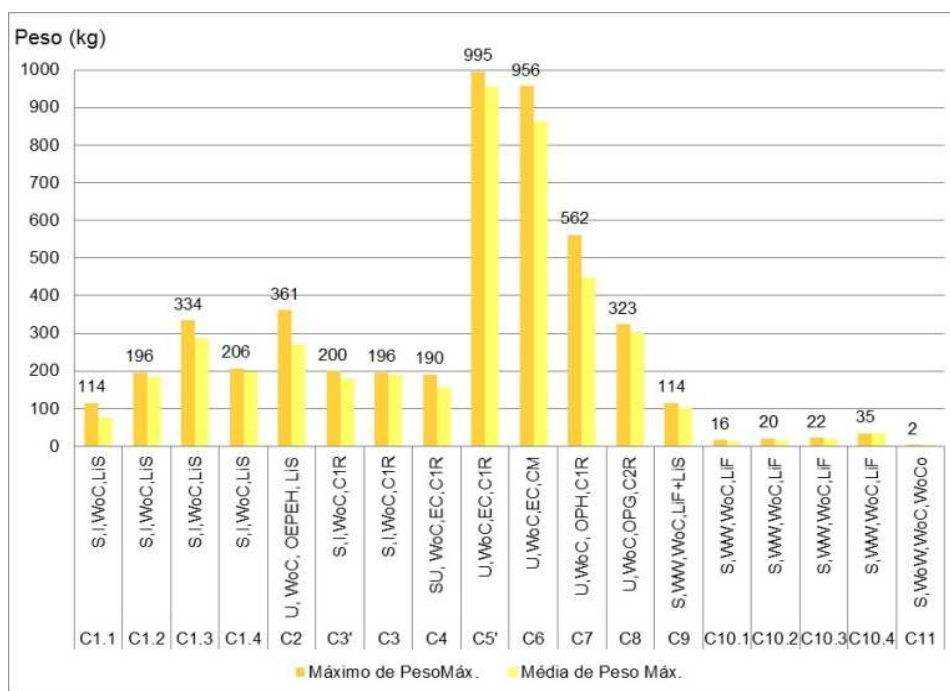


Figura V-29: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Plástico/metal

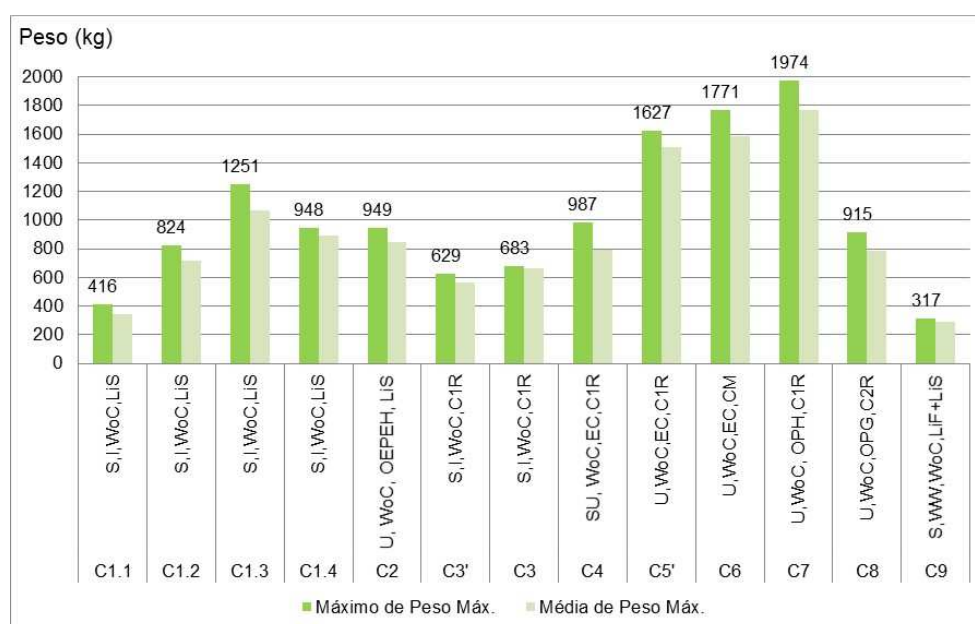


Figura V-30: Indicador ISO.1 – Peso máximo total a elevar – Vidro

Da análise dos três gráficos verifica-se que, como seria de esperar, são os modelos subterrâneos que apresentam maiores valores, por serem os de maior capacidade, destacando-se claramente os modelos subterrâneos compactos, *U₁,WoC,EC,C1R* (C5) e *U₁,WoC,EC,CM* (C6) uma vez que o peso total, nestes tipos taxonómicos, resulta do conjunto do peso dos resíduos, do contentor metálico, da plataforma e da coluna de deposição, que são içados pela grua num mesmo bloco. Estes modelos são assim aqueles onde é fundamental avaliar a capacidade das gruas das viaturas que os vão recolher. O fluxo de resíduos limitante, que define a capacidade da grua se a mesma viatura recolher os três fluxos, é o vidro, podendo chegar quase às duas toneladas.

No caso da área de estudo, é um modelo de plataforma, *UWoC,OPH,C1R* (C7) e não um compacto que se destaca no fluxo de vidro, que se deve ao facto de, neste modelo, a entidade gestora ter optado por utilizar contentores de cinco metros cúbicos, quando a capacidade dos restantes tipos (e a habitual para este fluxo de resíduos nos equipamentos subterrâneos), são três metros cúbicos.

No caso dos recipientes destinados à recolha com elevador, os valores são mais baixos que os obtidos para os subterrâneos de recolha com grua, destacando-se os modelos de superfície imóveis e apoios laterais para elevador automático com os maiores valores, em particular os C1.3 e C1.4 (2400 e 3200 l, respectivamente): o valor maior, com quase 1,3 toneladas para o vidro, é do C1.3 por ser um contentor metálico com uma tara maior que o modelo da mesma capacidade em PEAD, C1.4. Os elevadores manuais de carga traseira têm que suportar pesos bastante inferiores, com um máximo, registado na recolha de vidro para os recipientes *S₁,WW,WoC,LiF+LiS* (C9), de apenas 317 kg.

Nos sistemas com recipientes de duas rodas de menores capacidades (C10) ou sacos (C11), utilizados apenas nos fluxos de papel/cartão e plástico/metal, os valores são muito baixos, chegando a um máximo, no papel/cartão, de 60 kg para o contentor de duas rodas e apoios frontais de 240 l (C10.3) e de 6 kg para os sacos de 30 l (C11).

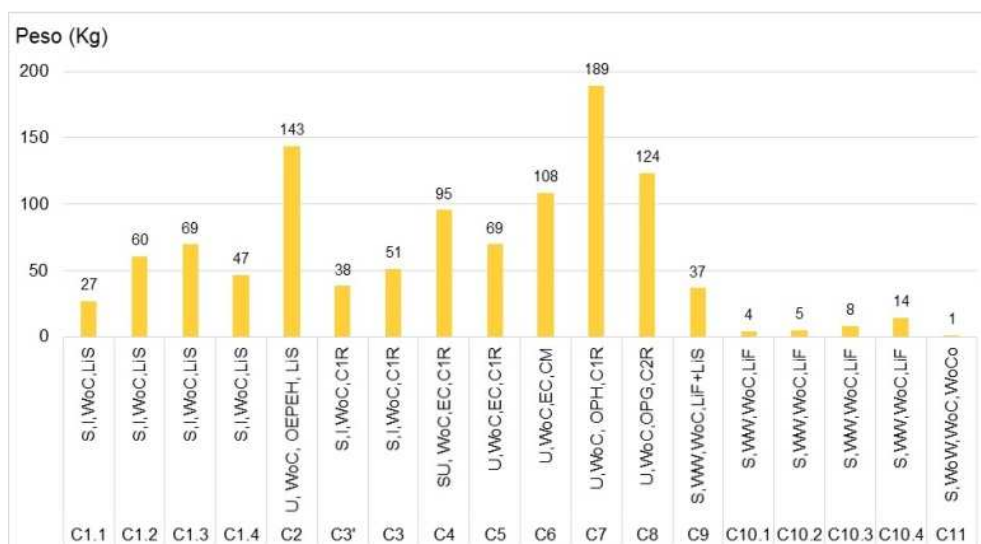


Figura V-32: Indicador ISO.2 – Peso líquido máximo dos resíduos em contentor – Plástico/metal

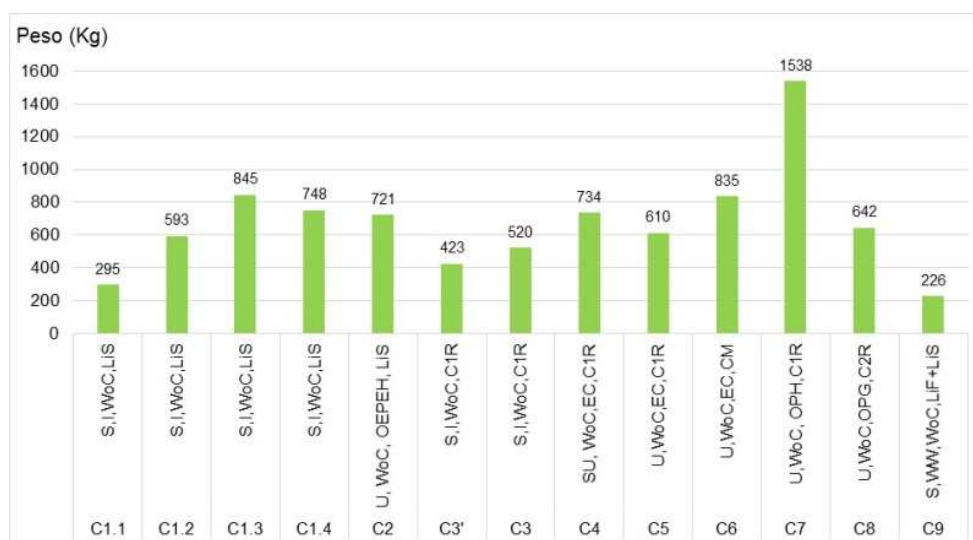


Figura V-33: Indicador ISO.2 – Peso líquido máximo dos resíduos em contentor – Vidro

Finalmente, importa destacar a heterogeneidade identificada nas amostras, que obrigou, tal como já foi referido no capítulo da metodologia, à análise estatística dos resultados, que se apresenta no Anexo AV e que irá discutir no capítulo V.4.

ISO.3) Peso específico dos resíduos em contentor (Indicador de benchmarking, concepção e dimensionamento)

O peso específico dos resíduos em contentor foi calculado para todas as combinações dos tipos de recipientes e fluxos de resíduos, através do quociente entre o Peso Líquido Máximo dos resíduos no recipiente (indicador ISO.2), e a Capacidade Líquida do recipiente (IRO.4), que se apresentam nos gráficos das Figura V-34, Figura V-35 e Figura V-36. Estes resultados constituem um dos mais importantes dados base na concepção e dimensionamento de sistemas de recolha, uma vez que permite a conversão volume-peso ou o inverso.

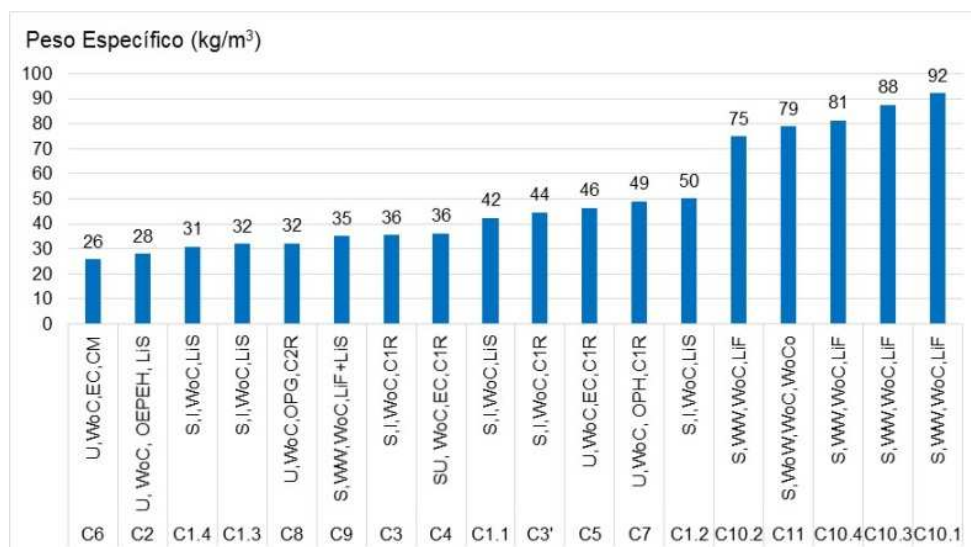


Figura V-34: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Papel/cartão

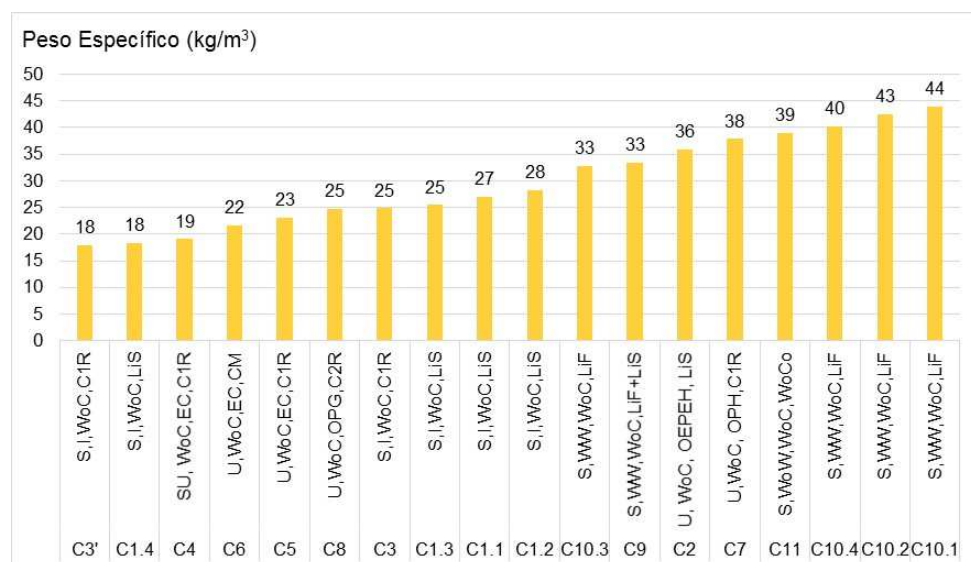


Figura V-35: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Plástico/metal

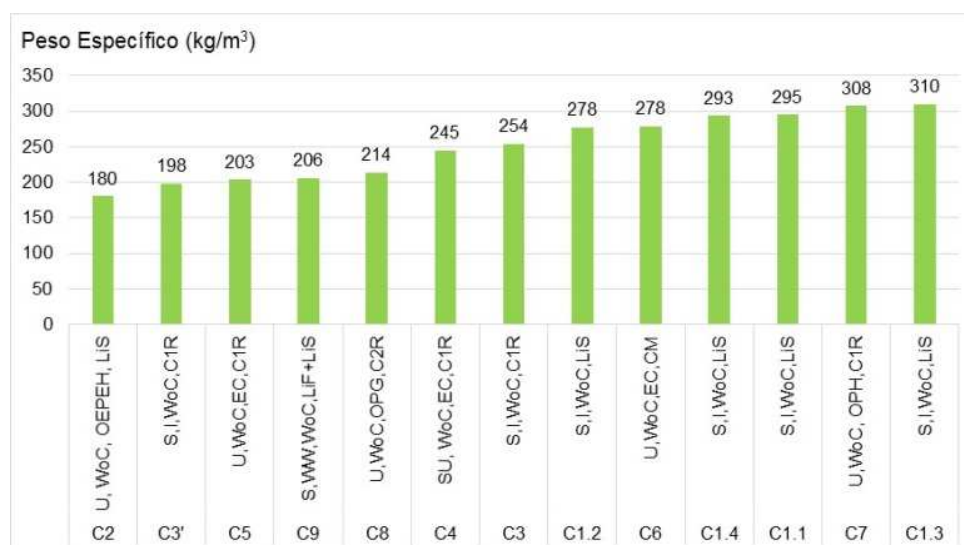


Figura V-36: Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos em contentor – Vidro

Da análise da Figura V-34 e Figura V-35 conclui-se rapidamente que, ao contrário do que seria expectável, são os recipientes de superfície de menores capacidades, isto é, os sacos (C11) e os contentores de duas rodas com apoios frontais para elevador (C10) que apresentam os valores de peso específico maiores, em particular os de 90 l, com 92 kg/m³ para o papel/cartão e 44 kg/m³ para o plástico/metal.

Os pesos específicos com valores mais baixos correspondem a equipamentos de superfície e subterrâneos de grande capacidade: são os contentores com capacidades líquidas acima de 2500 l, que apresentam os resultados mais baixos, quer para o papel/cartão, quer para o plástico/metal, com valores inferiores a 36 e 25 kg/m³, respectivamente.

Em relação ao vidro, a análise da Figura V-36 permite concluir que existe uma menor variação dos valores do peso específico entre os diferentes recipientes, variando entre 180 kg/m³ e os 310 kg/m³, não sendo possível estabelecer nenhuma relação entre capacidades ou tipos taxonómicos dos recipientes e os resultados apresentados.

Concluindo, os resultados obtidos para os três fluxos de resíduos devolveram pesos específicos médios dos resíduos em contentor, por tipo de contentor, que variam num intervalo de 26 a 92 kg/m³ para o papel/cartão, 18 a 44 kg/m³ para o plástico/metal e 180 a 310 kg/m³ para o vidro (Figura V-34, Figura V-35 e Figura V-36). Na Tabela V-8 apresenta-se o valor da média por fluxo de resíduo para a totalidade dos registos, independentemente do tipo de contentor, com 51 kg/m³ para o papel/cartão, 29 kg/m³ para o plástico/metal e 251 kg/m³ para o vidro.

Tabela V-8: Médias dos pesos específicos em contentor, por fluxo de resíduo

Fluxo de resíduo	Média	Desvio padrão	Desv.p. relativo	Mediana	Mínimo	Máximo	Dim. amostra (N)
Papel/Cartão	51	39	77%	38	10	326	288
Plástico/Metal	29	13	44%	26	7	89	229
Vidro	251	57	23%	247	131	378	91

Este indicador, que resulta de um quociente entre um valor estimado com base em medições (capacidade líquida) e um valor que resultou da diferença entre dois valores medidos durante as campanhas de pesagem (peso máximo e tara), foi também sujeito a uma análise estatística, que se

apresenta no Anexo AIX.

ISO.4) Tempo de recolha unitário (Indicador de dimensionamento e concepção)

O tempo de recolha é um indicador que resulta da combinação recipiente-viatura, pelo que foi calculado por sistema de recolha. Na Figura V-37 apresentam-se os resultados obtidos para os sistemas de recolha da área de estudo (Tabela V-7), verificando-se que são os sistemas que utilizam o elevador como sistema de engate e elevação dos recipientes que têm os valores mais baixos, sendo os sistemas grua os que têm os mais altos.

Como seria de esperar, verifica-se que existe uma relação directa entre este indicador e o sistema de acoplamento do recipiente e consequentemente o método de recolha utilizado. Assim, os sistemas manuais com sacos (C11V4) são os que têm tempos de recolha unitários menores, seguidos logo pelos sistemas assistidos de contentores de superfície de pequenas capacidades (duas rodas) com 0,2 e 0,5 min, respectivamente. A estes seguem-se os sistemas de recolha automáticos de contentores de superfície e a seguir os sistemas de recolha assistidos de contentores de superfície de quatro rodas, ambos com elevador (automático lateral ou manual traseiro), com um tempo de recolha por contentor de 0,8 min. Os sistemas de recolha com maiores tempos de recolha são os sistemas semi-automáticos, isto é, de recolha com grua, que chegam aos 5,9 min, com piores resultados para os subterrâneos (C6V6, C6V1, C8V7, C8V1, C7V1 e C5V1) e semi-subterrâneos (C4V6, C4V1 e C4V7). Os contentores de superfície de recolha com grua (C3V7, C3V1 e C3V6), têm resultados semelhantes ao sistema automático que utiliza contentores subterrâneos de plataforma de abertura e elevatória (C2V5), de 2 min.

De destacar, dentro do grupo de contentores subterrâneos recolhidos com grua, o sistema C6V6 e C6V1, de recolha com o sistema automático tipo *kinshofer*, que obtêm os melhores resultados deste grupo, com apenas 3,5 e 3,6 min, respectivamente.

Para simplificar a análise, e uma vez que o sistema de acoplamento é definido pelo recipiente, na Figura V-38 apresentam-se os resultados da média dos tempos de recolha por tipo taxonómico de recipiente.

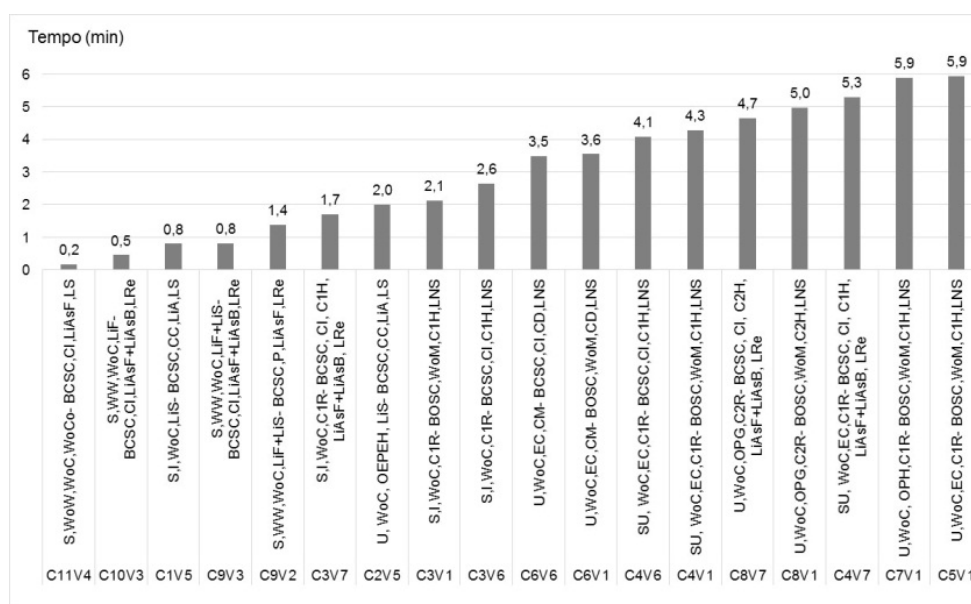


Figura V-37: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por sistema de recolha

Os valores obtidos confirmam esta análise: são os recipiente recolhidos manualmente os que menores

tempos de recolha unitários têm, seguidos pelos recipientes de recolha assistida com elevador manual de menores capacidades, isto é, de duas rodas, que permitem a recolha em simultâneo de dois contentores, reduzindo por isso o tempo de recolha quando comparados com os contentores de quatro rodas que utilizam exactamente o mesmo sistema de acoplamento e elevação. Com resultados intermédios estão os imóveis de recolha automatizada, seguindo-se os recipientes de recolha semi-automática de superfície (Figura V-40), e a seguir os subterrâneos e semi-subterrâneos, com vantagem para os recipientes com sistema de engate “cogumelo”. Não foi possível concluir diferenças relevantes em relação aos restantes sistemas grua, isto é, entre a argola simples ou dupla.

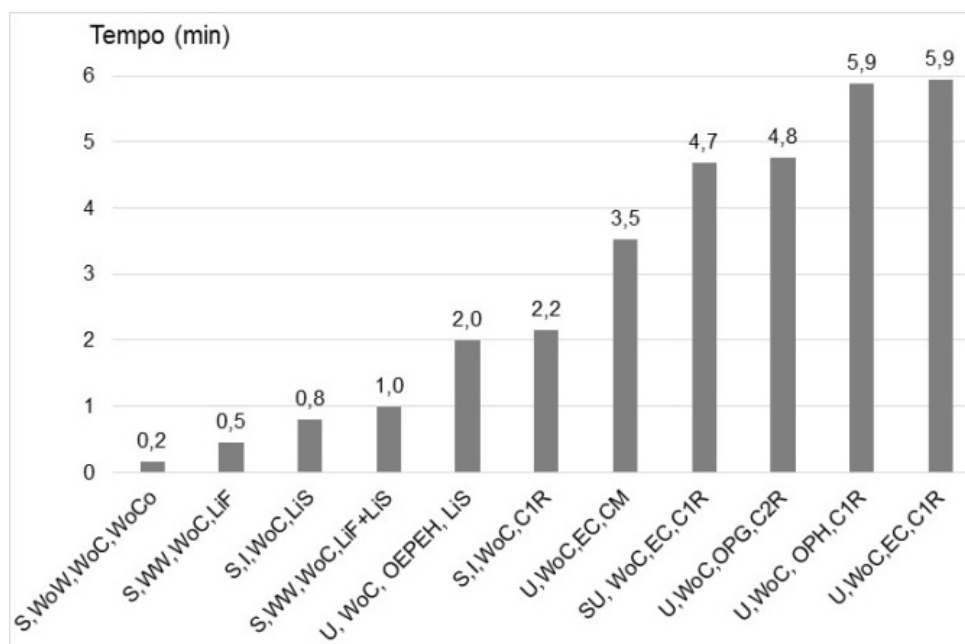


Figura V-38: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por tipo de recipiente (ou sistema de engate)

Finalmente, para analisar a possível influência do fluxo de resíduos nos valores dos tempos de recolha unitários, na Figura V-39 apresentam-se os resultados discriminados para os diferentes sistemas e para os três fluxos de recolha selectiva, concluindo-se que é possível estabelecer uma relação entre o fluxo de recolha e o tempo de recolha por tipo de recipiente: para o mesmo sistema de recolha os valores são próximos para os dois ou três fluxos analisados, excepto nos casos dos sistemas que apresentam tempos de recolha superiores, nomeadamente o C7V1 (o vidro destaca-se com um tempo bastante superior) e C5V1 (onde se destaca o plástico/metal).

Considerando a importância deste indicador, obtido a partir dos registos recolhidos durante as monitorizações, e a dimensão das amostras, foi aplicada uma análise estatística às mesmas, para aferir a segurança com que os resultados obtidos poderiam ser extrapolados e utilizados como valores de referência. Esta análise detalha-se mais a frente, na discussão dos resultados (Capítulo V.4), apresentando-se os resultados da mesma no Anexo AV.

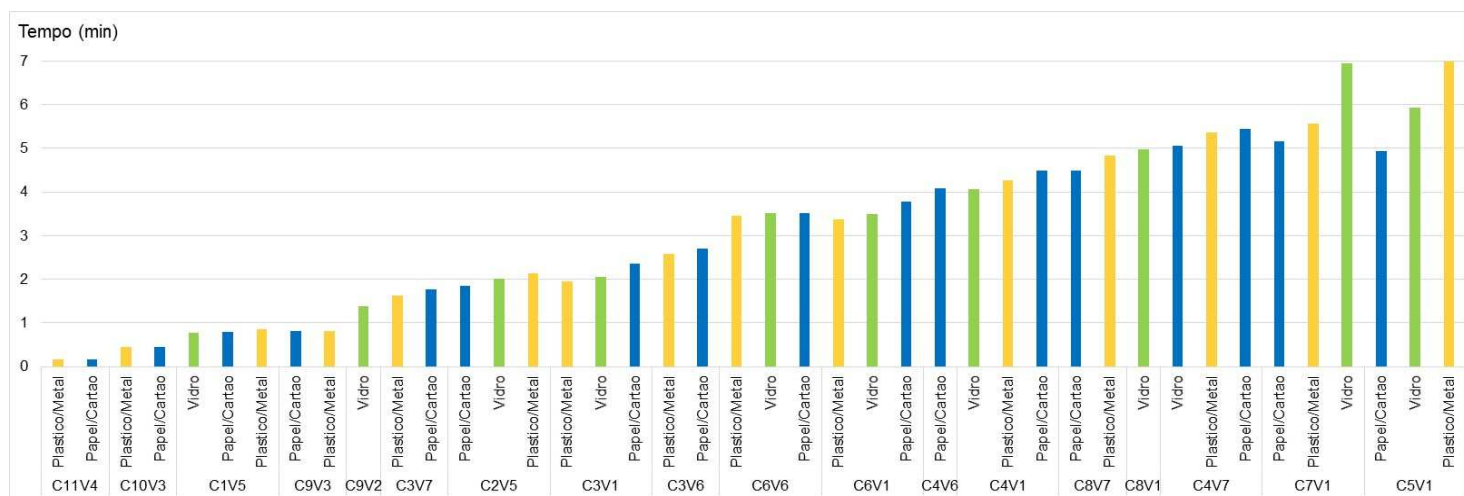


Figura V-39: Indicador ISO.4 – Tempo de recolha por sistema de recolha e fluxo de resíduo



Figura V-40: Operação de recolha de um recipiente de papel/cartão com o sistema semi-automático C3V7, em Cascais

ISO.5) Capacidade recolhida por tempo de recolha (Indicador de benchmarking)

Este indicador, que resulta do quociente da capacidade líquida dos recipientes pelo tempo de recolha unitário, é um indicador de desempenho operacional chave para o *benchmarking* de sistemas de recolha, considerando que uma das variáveis a otimizar na gestão do serviço de recolha é o tempo consumido para recolher uma mesma quantidade (em peso ou em volume).

Considerando que os recipientes de vidro subterrâneos têm geralmente capacidades inferiores para o mesmo tipo taxonómico de recipiente, os resultados do vidro são apresentados na Figura V-41 separadamente dos fluxos de papel/cartão e plástico/metá (Figura V-42), que se apresentam juntos por terem a mesma capacidade e por se ter chegado à conclusão, após análise dos que não existiam diferenças a assinalar entre os dois.

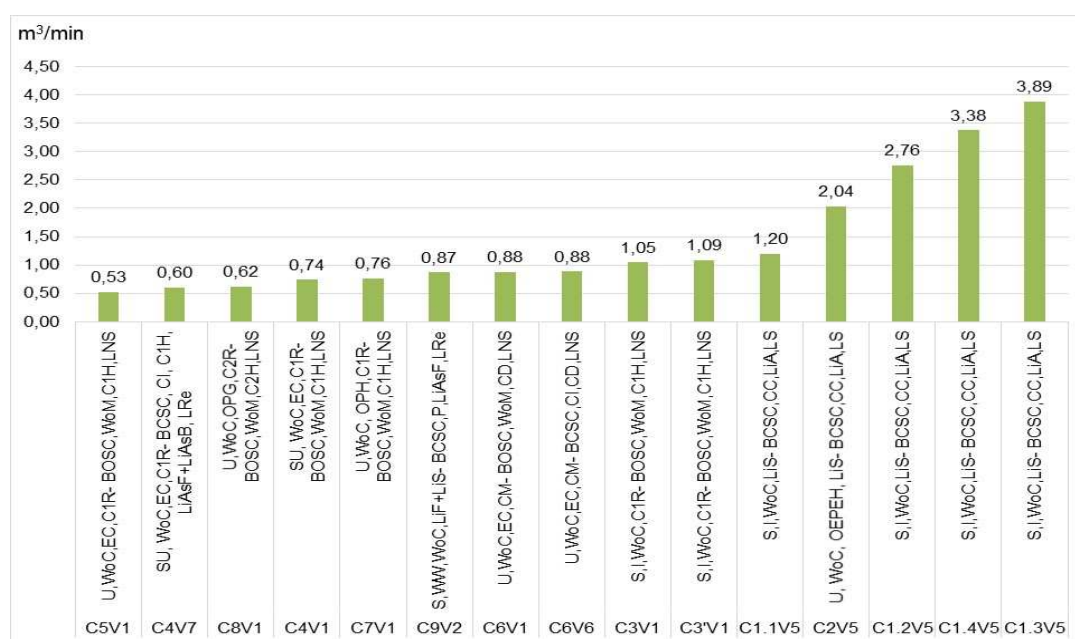


Figura V-41: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha por sistema de recolha (Vidro)

Da análise da Figura V-41 e Figura V-42 conclui-se que os sistemas de recolha automáticos com contentores imóveis de superfície (C1V5) ou subterrâneos (C2V5) são os que melhores resultados obtêm para este indicador, destacando-se claramente em todos os fluxos de recolha. No caso do vidro, o sistema com pior resultado é o sistema semi-automático subterrâneo compacto C5V1, enquanto no caso do plástico/metá e papel/cartão são os sistemas de recolha assistidos com recipientes de menores capacidades (C10.1V1, C10.2V3) e o sistema manual (C11V4) que têm os piores resultados.

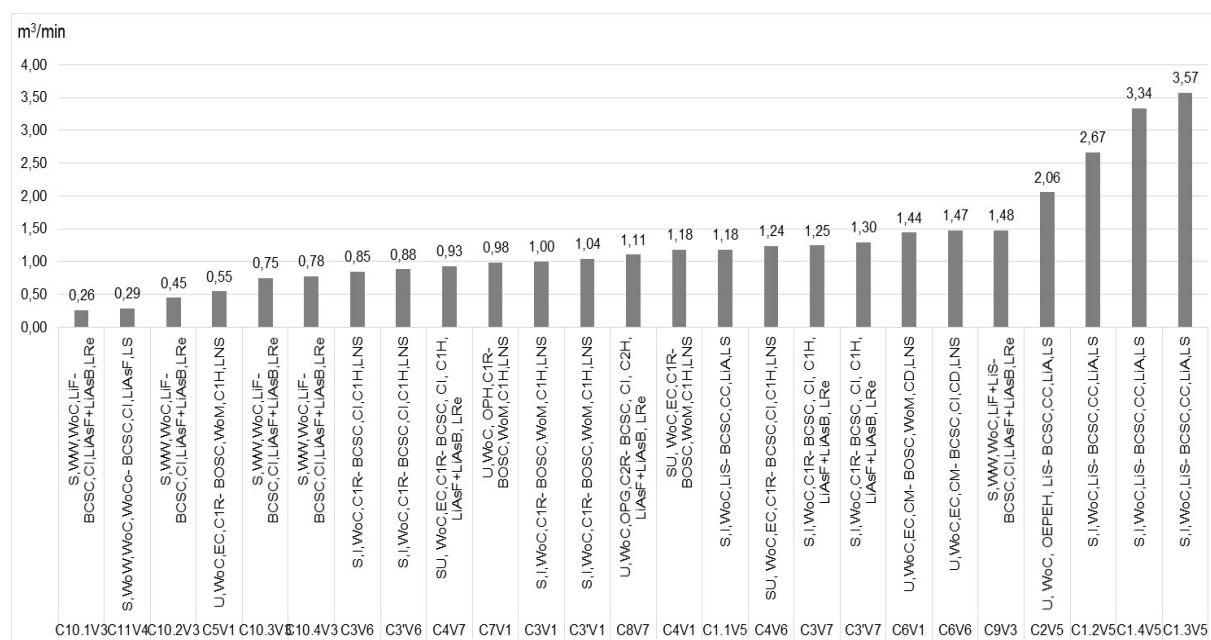


Figura V-42: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha por sistema (Papel/cartão e Plástico/metal)

Apesar da análise de ambos os gráficos permitir concluir que existem diferenças para este indicador entre sistemas de recolha diferentes que utilizem o mesmo recipiente, isto é, apesar de se concluir que a viatura de recolha utilizada influencia o resultado do indicador (e não apenas o recipiente), fez-se uma análise do resultado deste indicador por tipo de recipiente, através da média de todos os valores registados para cada um, independentemente da tipologia de viatura que os recolheu.

Os resultados, que se apresentam no Figura V-43, confirmam a análise já realizada, onde os sistemas manuais e assistidos que utilizam contentores de menores capacidades obtêm os piores resultados e os sistemas automáticos que utilizam contentores de capacidades intermédias os melhores, tendo os sistemas semi-automáticos que utilizam contentores subterrâneos de grande capacidade resultados intermédios. De destacar o mau resultado dos sistemas que utilizam contentores compactos subterrâneos de argola simples, C5, e o facto do sistema de recolha automático que utiliza contentores de menor capacidade, C1.1, ter tido resultados muito inferiores aos restantes recipientes do mesmo tipo taxonómico, apesar do tempo de recolha ser o mesmo, fruto da sua menor capacidade.

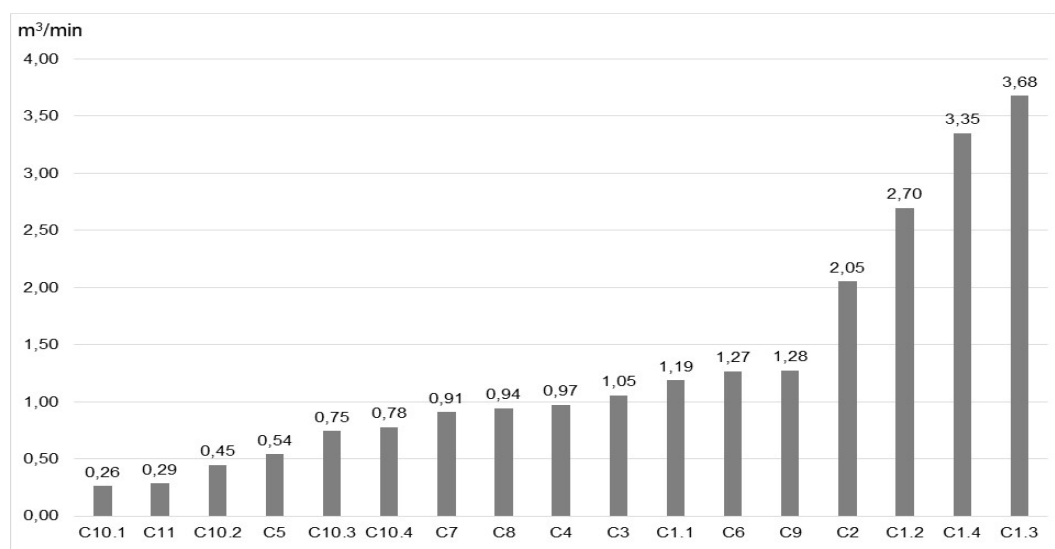


Figura V-43: Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por tempo de recolha, por tipo de recipiente

ISO.6) Peso máximo recolhido por unidade de tempo (Indicador de benchmarking)

Tal como para o indicador anterior, este é também um indicador de *benchmarking* fundamental para avaliar o desempenho operacional dos sistemas de recolha. Nas Figura V-44, Figura V-45 e Figura V-46, apresentam-se os resultados para este indicador, por fluxo de resíduo.

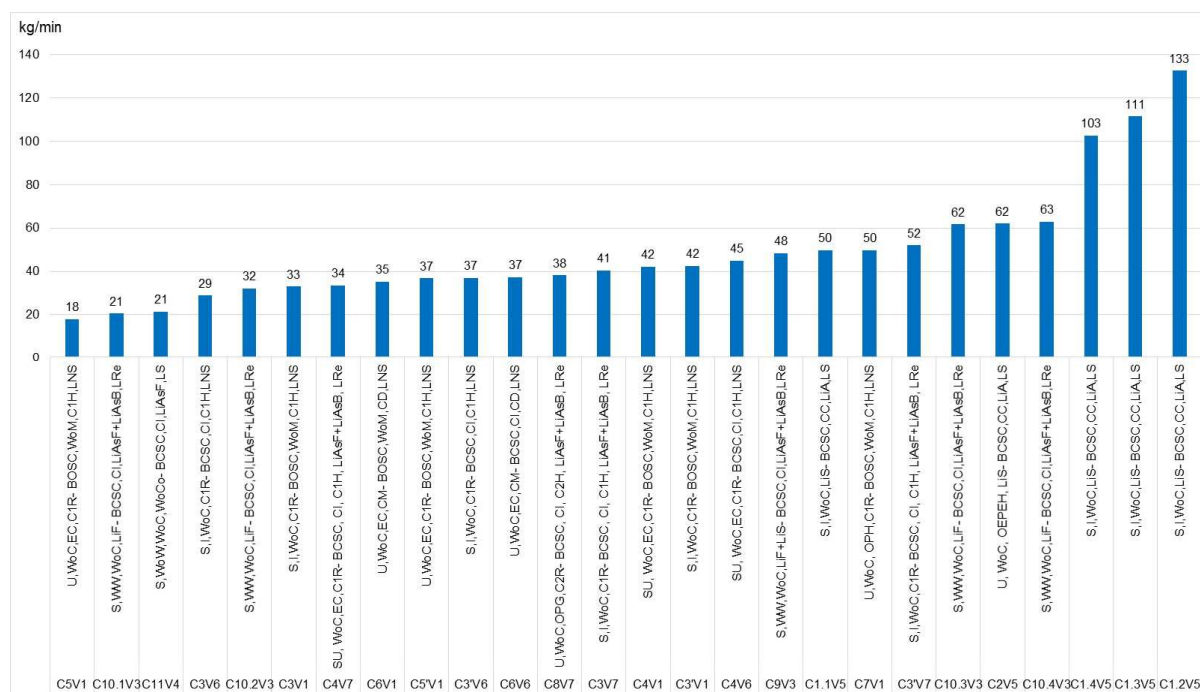


Figura V-44: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha: Papel/cartão

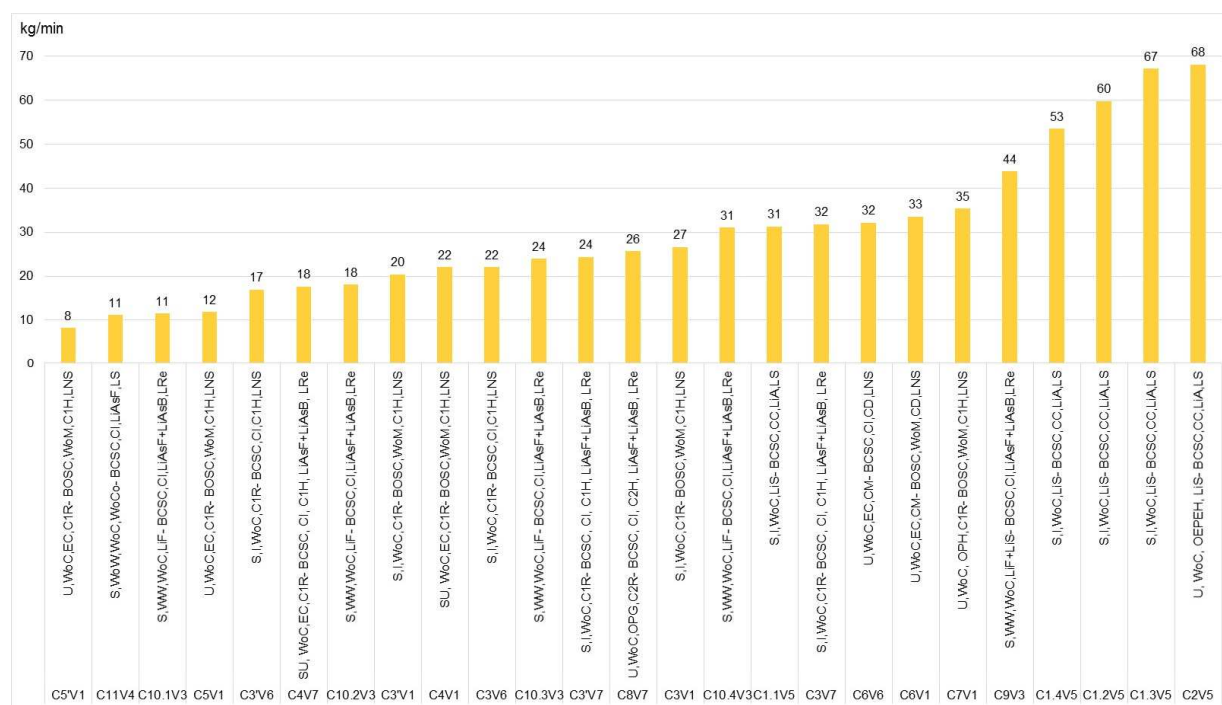


Figura V-45: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha, Plástico/metal

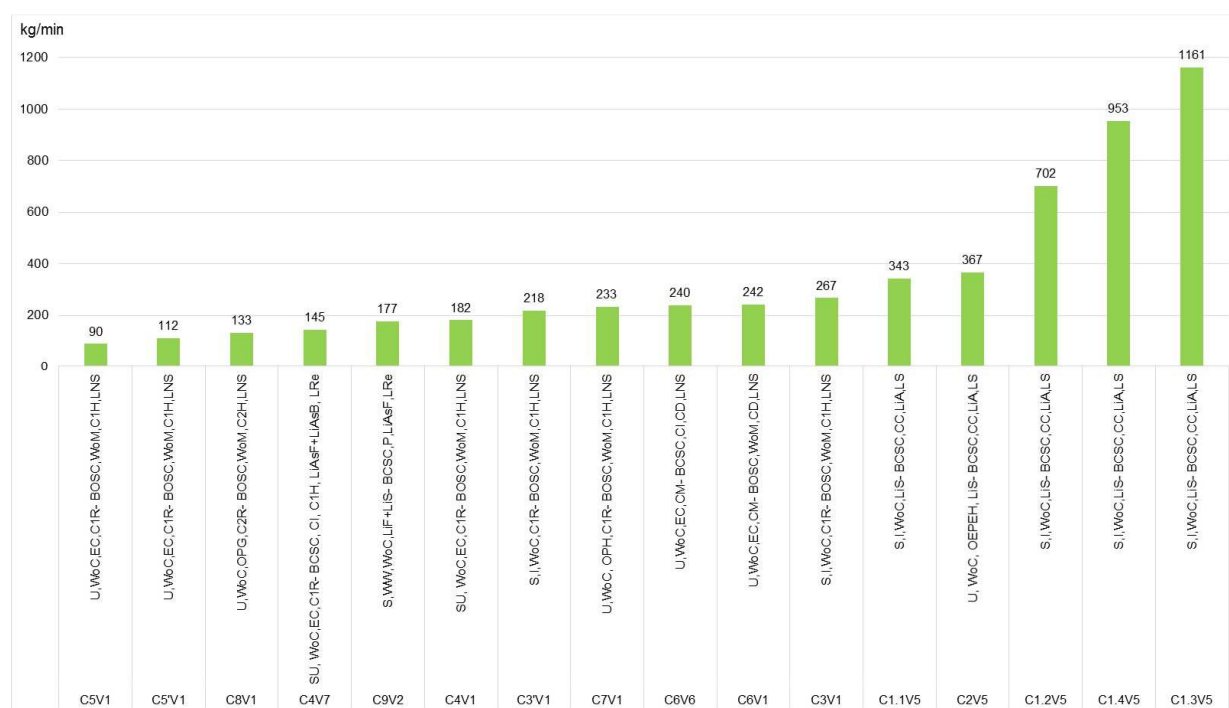


Figura V-46: Indicador ISO.6 – Peso recolhido por tempo de recolha, Vidro

Da análise dos três gráficos, verifica-se que para o papel/cartão o indicador varia entre 18 e 133 kg/min, para o plástico/metal entre 8 e 68 kg/min e para o vidro entre 90 e 1161 kg/min.

Mais uma vez, os sistemas de recolha automáticos C1V5 e C2V5 são os que melhores resultados obtêm (excepto no caso dos recipientes de 1000 l C1.1 para o papel/cartão e plástico/metal). O sistema assistido de menores capacidades (90 l), C10.1V3, o sistema manual com sacos, C11V4 e o sistema

semi-automático com contentores subterrâneos compactos de argola/gancho simples, C5V1 e C5V1 são os que piores resultados apresentam. De referir os maus resultados obtidos para os sistemas com contentores de superfície mais comuns para a recolha selectiva a nível nacional, C3V1 e C3V6, que obtêm resultados abaixo do valor médio para este indicador.

ISO.7) Tempo de descarga da viatura (Indicador de Concepção e Planeamento)

O tempo de descarga das viaturas foi monitorizado para todos os circuitos, nos diferentes sistemas e fluxos de resíduos, apresentando-se o valor médio por tipo taxonómico de viatura na Figura V-47, que permite fazer *benchmarking* entre os diferentes tipos taxonómicos de viaturas.

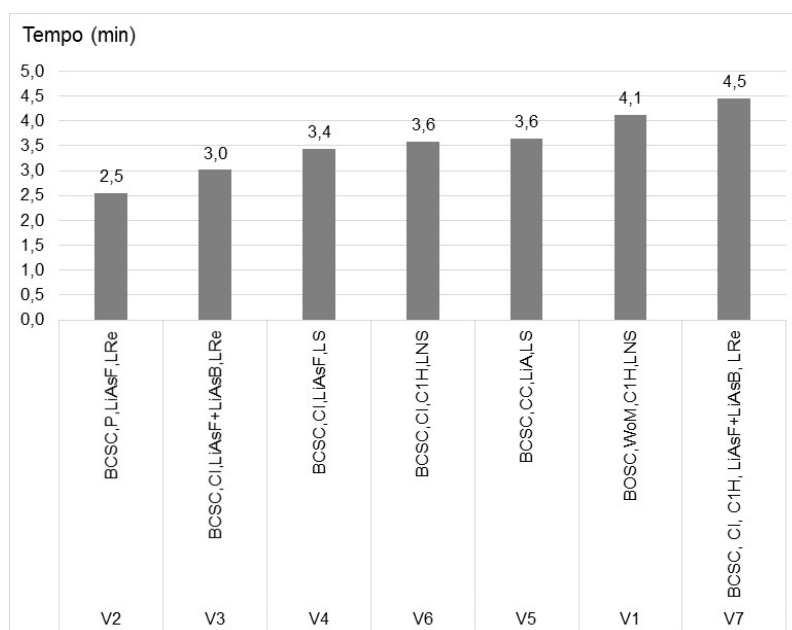


Figura V-47: Indicador ISO.7 – Tempo de descarga da viatura

Da análise do gráfico verifica-se que o tempo de descarga da cuba tem um mínimo de 2,6 min para a viatura satélite sem compactação (de placa ou grade mecanizada) e elevador traseiro (V2), na Figura V-48- a), e um máximo de 4,5 min, para a viatura de compactação intermitente com grua e elevador de carga traseira (V7), na Figura V-48-b). O valor médio para este indicador foi de 3,5 min.



Figura V-48: (a) Descarga de vidro da viatura V2; (b) Descarga de papel/cartão da viatura V7

A viatura satélite compactadora com elevador lateral (V4), tem o terceiro tempo mais baixo, sendo superior ao das viaturas compactadoras mais comuns, de elevador de carga traseira (V3), pelo que se conclui que a maior capacidade não determina, obrigatoriamente, um maior tempo de descarga. As viaturas *multilift* com compactação intermitente e grua e as compactadoras com elevador automático de carga lateral têm valores intermédios, de 3,6 min, tendo as de caixa aberta com grua (V1) tempos de descarga relativamente altos, com um valor médio de 4,1 min.

ISO.8) Sobre peso na viatura (Indicador de planeamento e monitorização)

Um indicador de monitorização dos circuitos importante é o sobre peso da viatura, que indica a diferença entre o peso líquido máximo legal e o peso líquido real máximo registado durante um ano para os circuitos monitorizados (consulta à base de dados das entidades gestoras com os registos das pesagens diárias nas básculas), em percentagem, e que se apresenta na Figura V-49.

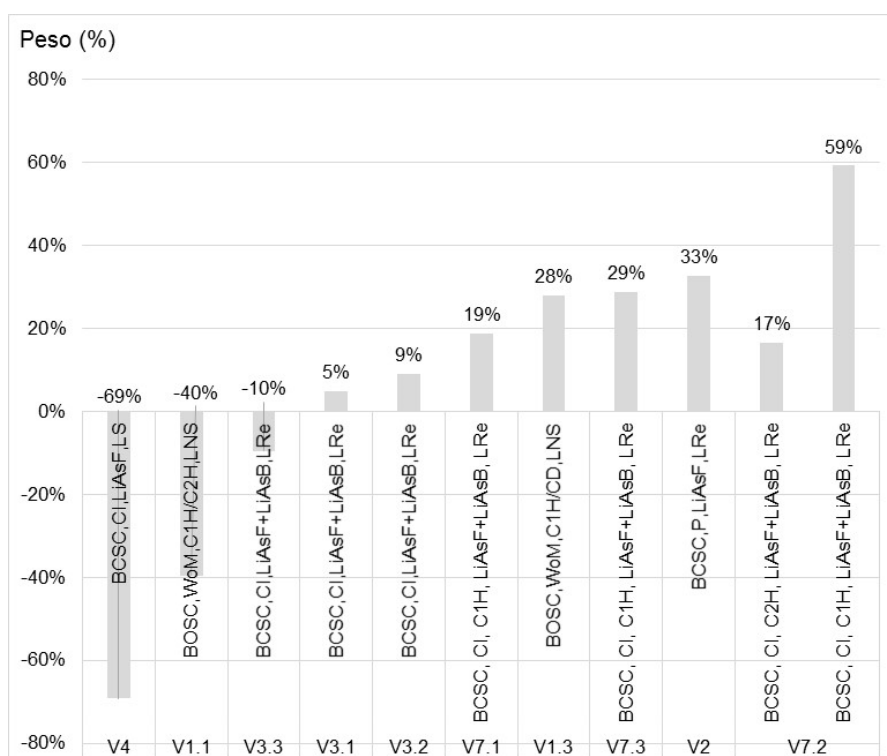


Figura V-49: Indicador ISO.8 – Sobre peso percentual da viatura

Os resultados obtidos para este indicador são claros e comprovam a enorme utilidade do mesmo, apesar de não ter sido possível calcular para todos os tipos de viaturas. Dos registos analisados, três viaturas registaram descargas acima do limite legal – a viatura de caixa aberta de pequena capacidade (V1.1) e a viatura compactadora satélite (V4) têm valores bastante acima, que claramente terão consequências nos custos de manutenção a médio/longo prazo. De referir também que apenas um resultado corresponde a circuitos de recolha de vidro (viatura V4), sendo os restantes de papel/cartão.

De referir que também se registaram valores muito altos, que correspondem a descargas muito abaixo do que seria a capacidade máxima da viatura em peso e que portanto podem resultar de circuitos onde o factor limitante é o volume e não o peso ou então de um mau aproveitamento da capacidade da viatura, que nesse caso deve ser avaliado.

ISO.9) Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva (Indicador de benchmarking)

Este indicador, em conjunto com o ISO.10, ISO.11, ISO.12, ISO 13 e ISO 14 são indicadores de produção ou de *performance* operacional do circuito de recolha. Quando aferidos à fase de recolha efectiva, que é o caso deste e dos indicadores ISO.10, ISO 13 e ISO 14, então são indicadores úteis ao *benchmark* do desempenho operacional dos diferentes sistemas de recolha.

Os resultados da média por sistema e fluxo de resíduo, do quociente entre a quantidade recolhida nos circuitos monitorizados (pesagens das descargas nas básculas) e o tempo de recolha efectivo por volta, apresentam-se nas Figura V-50, Figura V-51 e Figura V-52.

Os dois sistemas que se destacam na recolha dos três fluxos de resíduos são os sistemas semi-automáticos C6V6 (recipientes subterrâneos compactos com *kinshofer* e viatura com compactador móvel e grua) e C7V1 (recipientes subterrâneos de plataforma a gás e caixa aberta com grua).

Na recolha de papel/cartão destaca-se o sistema assistido C10V3 (recipientes de superfície de duas rodas e apoios frontais para elevador e viatura compactadora com elevador de carga traseira), com o valor máximo para o indicador, de 28 kg/minuto, o que não acontece no plástico/metall (ressalva-se que o valor indicado resulta de uma amostra de apenas 2 registos – Anexo AV).

O sistema automático com viaturas de elevador lateral robotizado (C1V5) e o sistema semi-automático que utiliza recipientes semi-subterrâneos e viatura de caixa aberta com grua (C4V1) também têm bons resultados para o papel/cartão, com 16,8 e 17,8 kg/minuto, respectivamente, que não se mantem no caso do C4V1 para o plástico/metall.

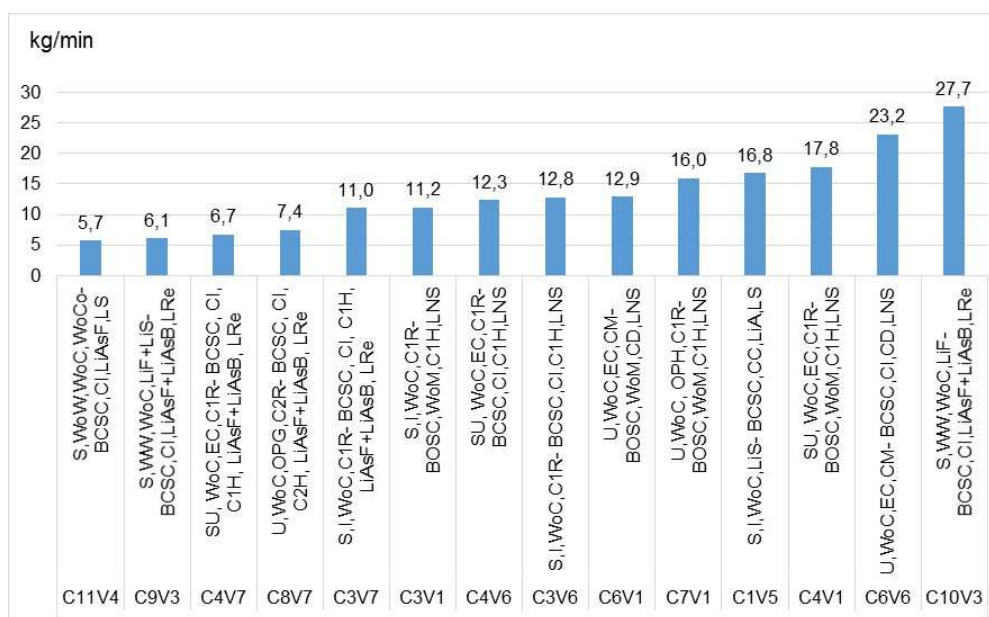


Figura V-50: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Papel/cartão

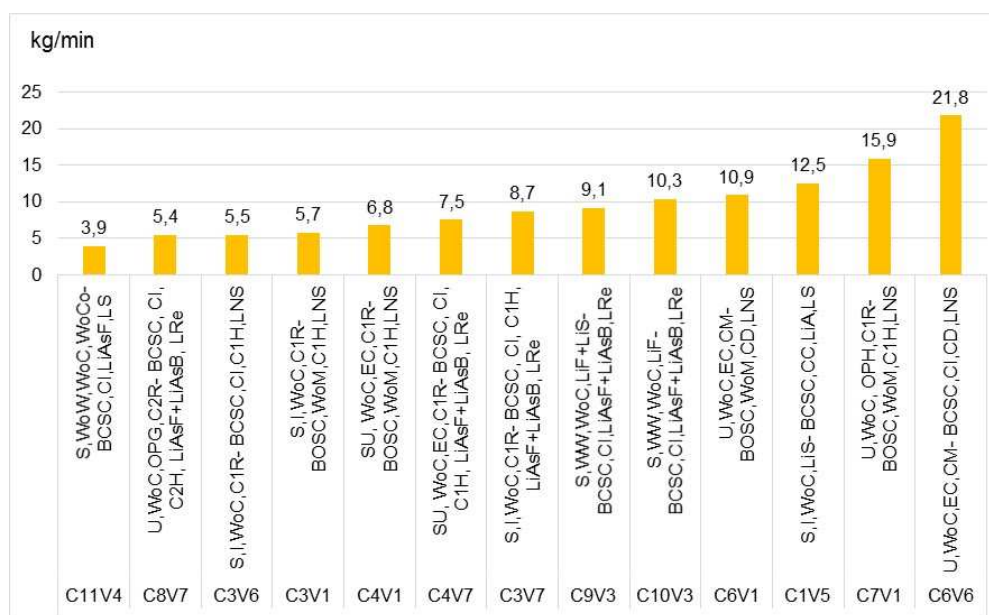


Figura V-51: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Plástico/metal

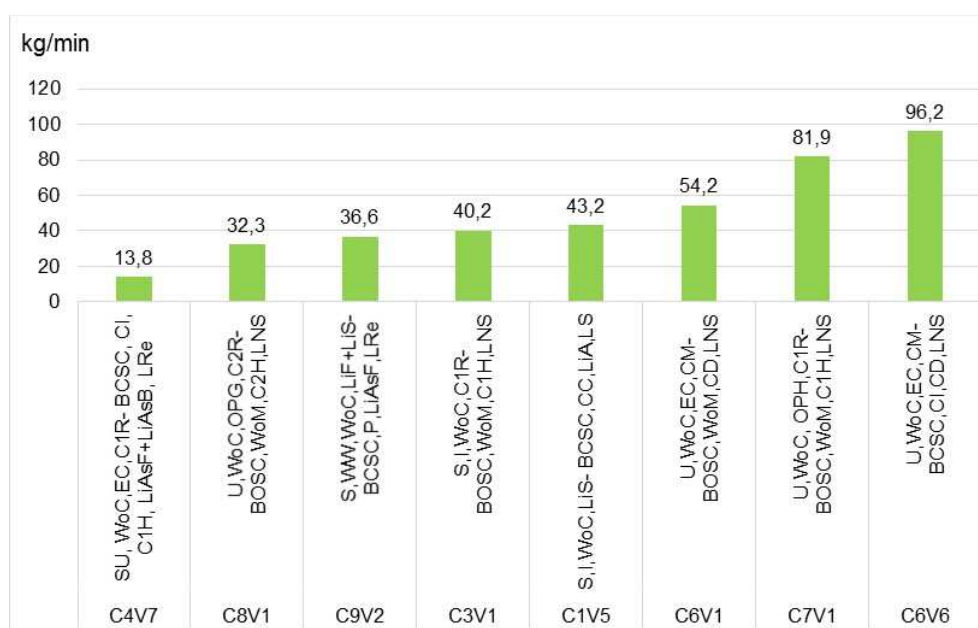


Figura V-52: Indicador ISO.9 – Quantidade recolhida por tempo de recolha efectiva: Vidro

Com piores resultados estão, na recolha de papel/cartão e vidro, o sistema assistido com contentores de quatro rodas e viaturas compactadoras com elevador traseiro (C9V3) e o sistema semi-automático que utiliza recipientes semi-subterrâneos e viatura compactadora com grua e elevador traseiro (C4V7), que têm no entanto resultados medianos no plástico/metal, onde o sistema com valores mais baixos é o sistema manual com sacos e viatura satélite de elevador lateral.

ISO.10) Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva (Indicador de benchmarking)

À semelhança do interior, este indicador é um quociente em que no numerador está a quantidade recolhida por circuito, sendo que agora no denominador está a distância de recolha efectiva, cujos

resultados se apresentam nos gráficos da Figura V-53, Figura V-54 e Figura V-55.

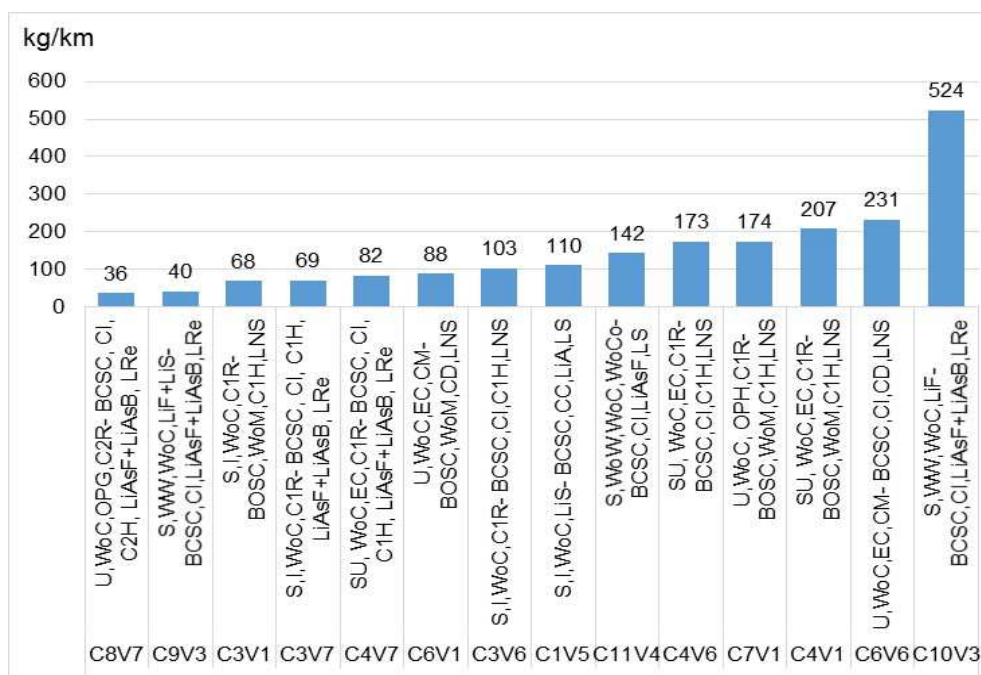


Figura V-53: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Papel/cartão

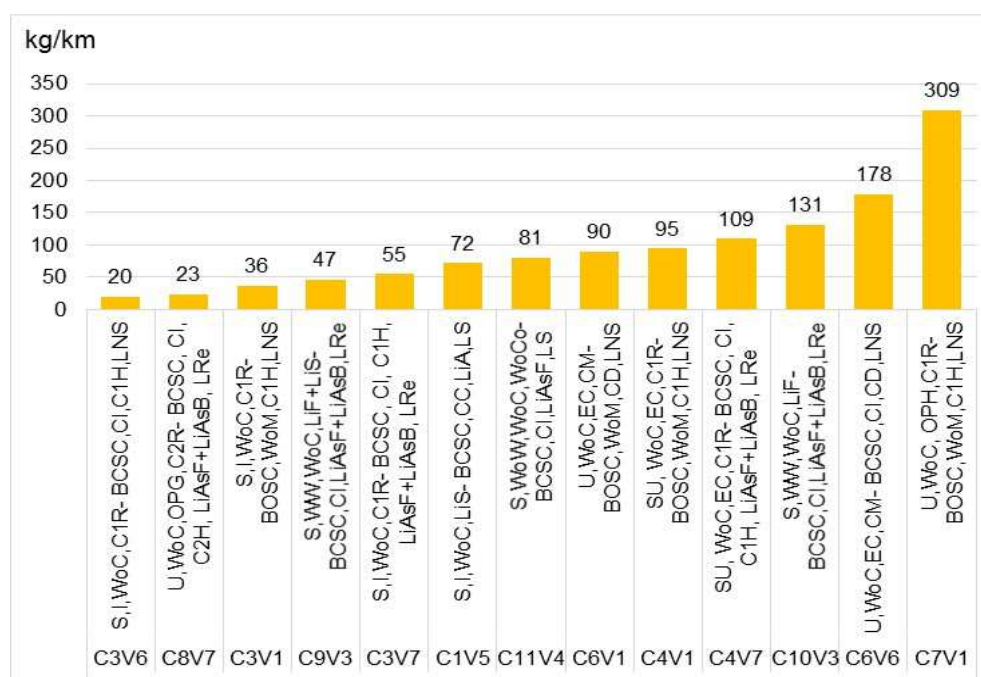


Figura V-54: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Plástico/metal

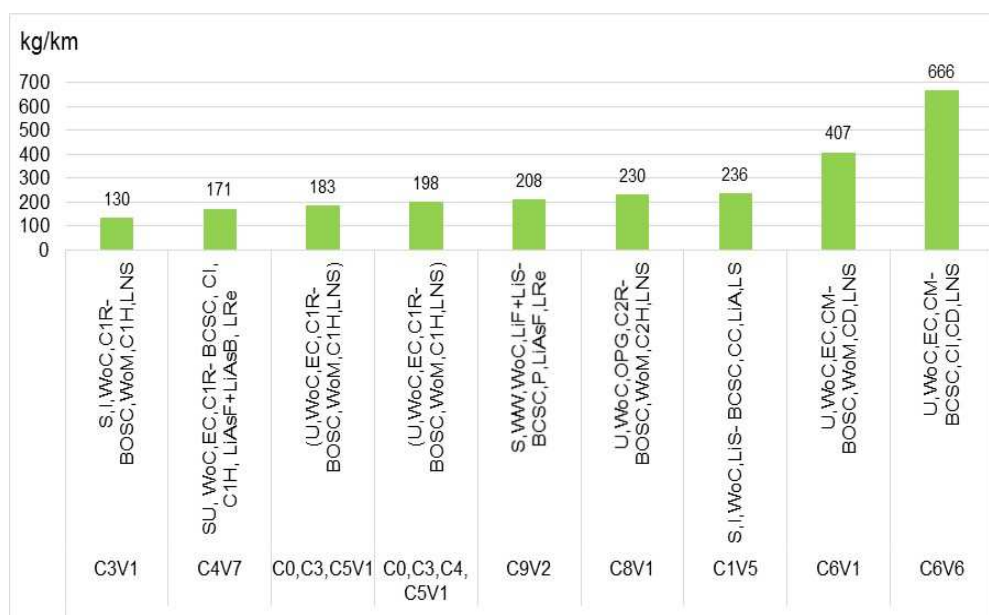


Figura V-55: Indicador ISO.10 – Quantidade recolhida por distância de recolha efectiva: Vidro⁹⁵

Os dois sistemas que se destacam nos três fluxos de recolha são, à semelhança do que aconteceu no indicador anterior, o C6V6 (recipientes subterrâneos compactos com *kinshofer* e viatura com compactador móvel e grua) e o C7V1 (recipientes subterrâneos de plataforma a gás e caixa aberta com grua). Também o sistema assistido C10V3 (recipientes de superfície de duas rodas e apoios frontais para elevador e viatura compactadora com elevador de carga traseira) se destaca novamente no papel/cartão, com o valor máximo para o indicador de 530 kg/km, o que não acontece no plástico/metál.

Os piores resultados no plástico/metál e papel/cartão registam-se nos sistemas semi-automáticos com recipientes subterrâneos de plataforma a gás e viatura compactadora com grua e elevador de carga traseira (C8V7) e o no sistema assistido com contentores de quatro rodas e viaturas compactadoras com elevador traseiro (C9V3). De referir que no plástico/metál, também o sistema de recolha semi-automática, com contentores de superfície com argola simples e viatura *multilift* com compactador móvel e grua (C3V6) obtém maus resultados. No vidro, com piores resultados está o sistema de recolha semi-automática, com contentores de superfície com argola simples e viatura grua de caixa aberta (C3V1) e o sistema semi-automático que utiliza recipientes semi-subterrâneos e viatura compactadora com grua e elevador traseiro (C4V7), este último também com o pior resultado no indicador anterior no caso do vidro.

Naturalmente que os indicadores que relacionam a quantidade com a distância efectiva percorrida devem ser analisados à luz do factor de concentração dos contentores no circuito em questão, isto é, os sistemas onde os contentores estão próximos (geralmente em zonas urbanas) são favorecidos em relação aos sistemas com circuitos mais dispersos. É portanto um indicador que deve ser relacionado com o número de contentores recolhidos por unidade de distância percorrida (Indicador ISO.28).

ISO.11) Quantidade recolhida por tempo de recolha total (Indicador de planeamento e monitorização)

Apesar de não se focar na fase produtiva dos circuitos, de recolha efectiva, e portanto reflectir a distância do centro de massa do circuito às infra-estruturas em baixa (parque de viaturas e estação de

⁹⁵ No caso dos circuitos de vidro existem circuitos de grua que são "mistos", isto é, circuitos onde a mesma viatura recolhe diferentes tipos de contentores. No acrónimo indica-se o recipiente mais representativo do circuito misto, entre parênteses.

abastecimento, se aplicável) e alta (estação de transferência ou de tratamento), este indicador, que relaciona a quantidade recolhida no tempo total do circuito e cujos resultados se apresentam nas Figura V-56, Figura V-57 e Figura V-58, também é útil para a monitorização dos circuitos.

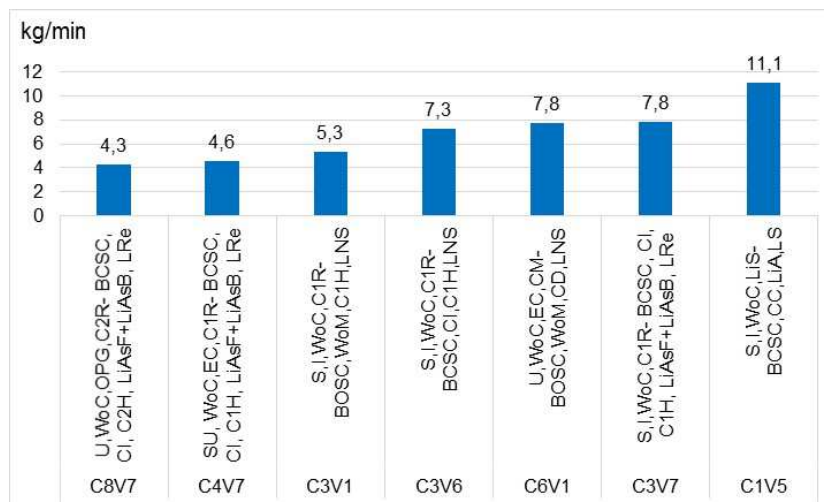


Figura V-56: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Papel/cartão

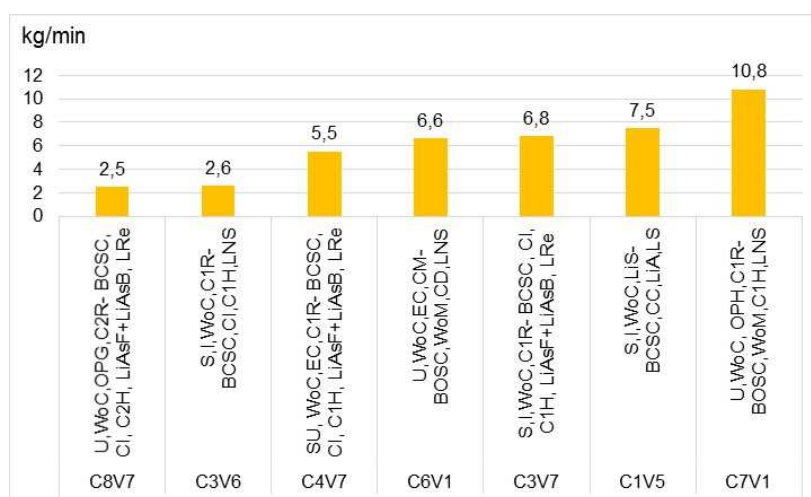


Figura V-57: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Plástico/metal

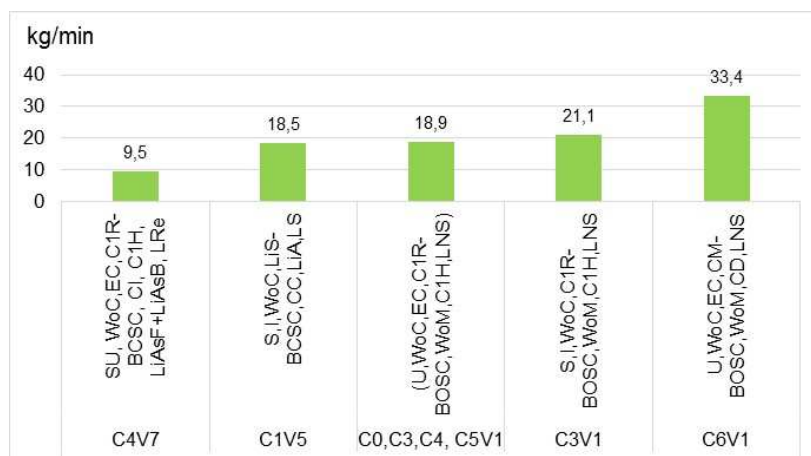


Figura V-58: Indicador ISO.11 – Quantidade recolhida por tempo de recolha total: Vidro

Da análise dos valores obtidos, resulta que os circuitos de papel/cartão recolhem em média 7,4 kg/minuto, os de plástico/metall 6,8 kg/min e no vidro a média é de 10 kg/min para o tempo total necessário para concluir o circuito. Como seria de esperar, os valores são muito inferiores ao indicador equivalente, que considera apenas o tempo de recolha efectiva, ISO.9. Considerando que não se trata de um indicador de *benchmarking*, não se fará nenhum comentário sobre os resultados para os diferentes sistemas em termos relativos.

De referir que alguns sistemas foram excluídos da análise uma vez que resultavam de circuitos onde a primeira e segunda volta recolhiam fluxos de resíduos diferentes, não sendo por isso possível calcular este indicador, que utiliza um valor de tempo total por circuito e não por volta. Foi também necessário excluir circuitos realizados durante dias de chuva, em particular no caso do papel/cartão, ou com outras anomalias registadas no campo das observações que pudessem comprometer os resultados do indicador.

ISO.12) Quantidade recolhida por distância de recolha total (Indicador de planeamento e monitorização)

Tal como o indicador anterior, outro que pode ser utilizado na monitorização de circuitos resulta do quociente da quantidade recolhida pela distância total percorrida no circuito, cujos resultados se apresentam nas Figura V-59, Figura V-60 e Figura V-61.

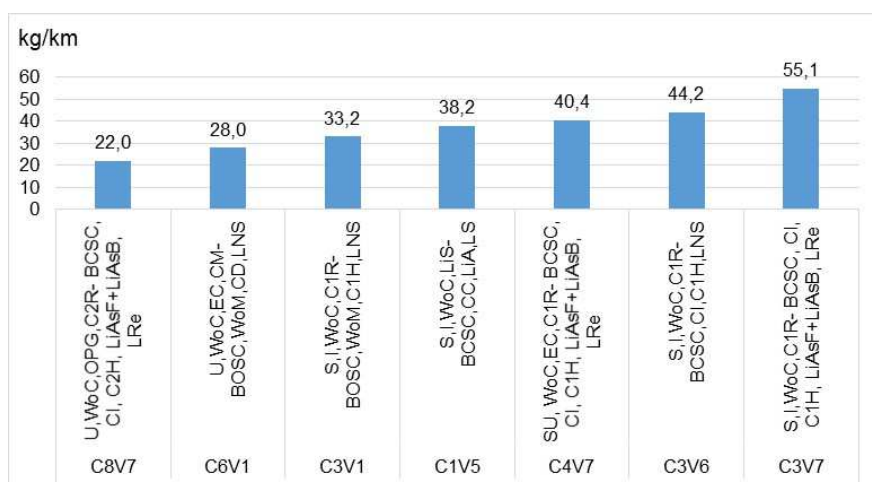


Figura V-59: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Papel/cartão

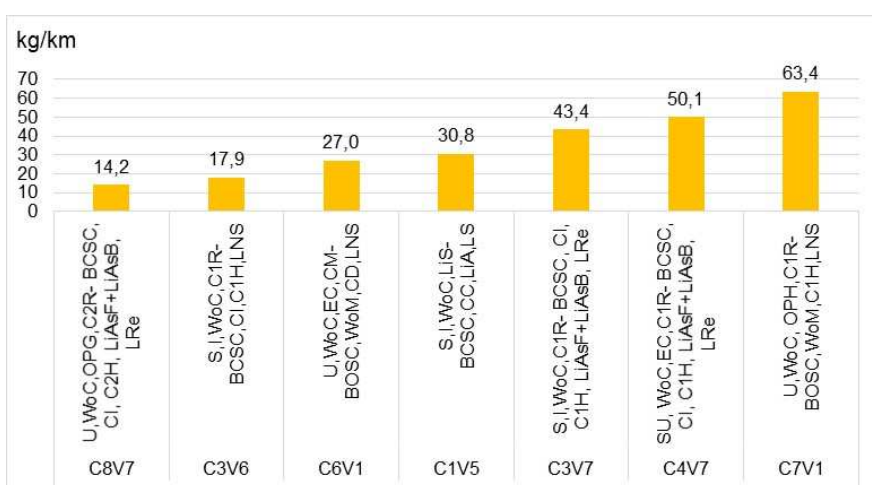


Figura V-60: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Plástico/metall

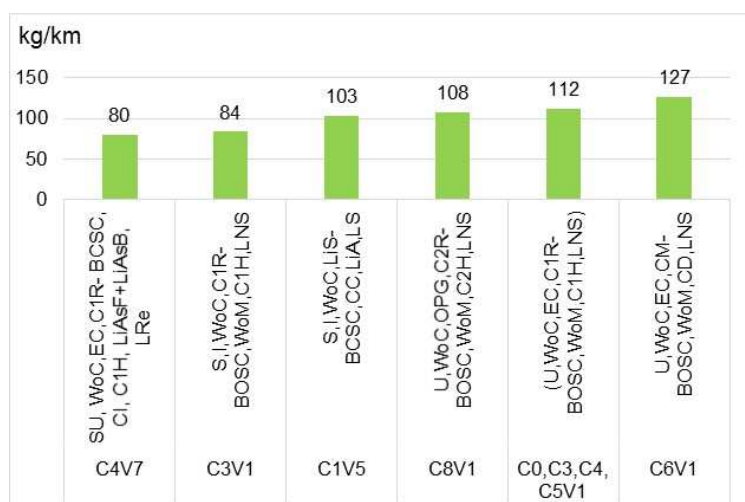


Figura V-61: Indicador ISO.12 – Quantidade recolhida por distância de recolha total: Vidro

Da análise de resultados, verifica-se que os circuitos de papel/cartão recolhem em média 38 kg/km, os de plástico/metalo 34 kg/km e no vidro a média é de 102 kg/km para a distância total percorrida no circuito. De referir que, tal como no indicador anterior, os sistemas que resultavam de circuitos onde a primeira e segunda volta recolhiam fluxos de resíduos diferentes foram excluídos da análise, assim como alguns circuitos realizados durante dias de chuva.

Como seria de esperar, os valores são muito inferiores ao indicador equivalente, que considera apenas a distância de recolha efectiva, ISO.10.

De notar que se trata de registos pontuais de circuitos particulares, não se podem tirar conclusões que permitam a comparação entre sistemas. Assim, para validar os resultados obtidos, desenvolveu-se um exercício com dados dos circuitos monitorizados em Cascais, relativos aos sistemas C3V7, C8V1 e C8V7, onde se aplicou este indicador a uma amostra muito maior de registos de descargas: usando registos de descargas de dois anos (2009 e 2010), obtém-se resultados diferentes dos valores indicados nos gráficos acima, que confirmam a ordem de grandeza para os 3 sistemas em questão, tornando assim os resultados obtidos mais consistentes.

Os resultados deste exercício que se resumem abaixo na Tabela V-9 (e se exemplifica no Anexo AV, com dados de um dos circuitos analisados), permite concluir que não existem grandes diferenças entre os sistemas C3V7 e C8V7 neste indicador, especialmente no plástico/metalo. Em média, recolhem-se 66 kg/km no sistema C3V7 e 63 kg/km no sistema C8V7 para o papel/cartão e 30 e 33 kg/km no plástico/metalo. Verifica-se também, como seria de esperar, que não existem grandes diferenças entre viaturas da mesma tipologia. O vidro é o sistema onde se recolhe mais kg por km, ultrapassando os 130 kg/km. Conclui-se também que os resultados de 22 kg/km para o sistema C8V7 no papel/cartão e 14 kg/km no plástico/metalo estão bastante abaixo dos resultados obtidos neste exercício, devendo ser desprezados (a média dos registos de dois anos devolve 64 e 33 kg/km, respectivamente).

Tabela V-9: Resultados para o Indicador ISO.12 para os sistemas C3V7, C8V1 e C8V7 (considerando todos os registos das descargas de dois anos em Cascais)

Sistema	C8V1	C3V7	C3V7	C8V7	C8V7	C3V7	C3V7	C8V7
Ref. ^a da Viatura	95	111	118	125/126	124	111	118	125/126
Valência	V	P/C	P/C	P/C	P/C	P/M	P/M	P/M
Indicador ISO 12 por viatura (kg/km)	131	71	51	64	47	30	30	33
Indicador ISO 12 por sistema (kg/km)	131	66		63		30		33

ISO.13) Volume recolhido por tempo de recolha efectivo (Indicador de benchmarking)

Os resultados para este indicador, que permite fazer *benchmarking* do factor de produção “volume” dos circuitos entre os diferentes sistemas de recolha, e que resulta do quociente entre o volume médio recolhido (produto do número médio de contentores recolhidos por circuito e a sua capacidade líquida), e o tempo de recolha efectivo por circuito, são os que se apresentam na Figura V-62.

O sistema com maior volume recolhido por tempo de recolha efectivo é o sistema de recolha automático com contentores com apoios laterais para o elevador automático das viaturas compactadoras de carga lateral (C1V5), com uma média de quase um metro cúbico recolhido por minuto. Com um resultado bastante inferior, segue-se o sistema de recolha semi-automático que utiliza contentores subterrâneos compactos com cogumelo e uma viatura compactadora com grua com o sistema de disco automático *kinshofer*, seguido pelos sistemas semi-automáticos que utilizam recipientes semi-subterrâneos e viaturas grua de caixa aberta (C6V1) e com compactador móvel (C6V6).

Os piores resultados registam-se no sistema manual de sacos e viatura satélite utilizado em Alfama, Lisboa (C11V4), com cerca de 70 l por minuto de recolha efectiva, seguido pelo sistema assistido de recolha de recipientes de quatro rodas e viaturas satélite sem compactação, utilizados em Lisboa para a recolha de vidro (C9V2), com quase 300 l por minuto. Importa no entanto fazer a ressalva de que no sistema C11V4, os circuitos de papel/cartão recolhem caixas de cartão colocadas fora dos sacos, (assim como nos de plástico onde também se recolhem caixas de plástico depositadas fora dos sacos, com menos expressão) sendo um volume que não foi contabilizado, apesar de ter sido registado no campo de observações, por obrigar a assumir valores resultantes de observação visual do volume das caixas, de determinação muito difícil. Importa também fazer uma análise por valência, uma vez que na maioria dos sistemas subterrâneos e semi-subterrâneos o volume dos contentores de vidro é menor que nos restantes dois fluxos.

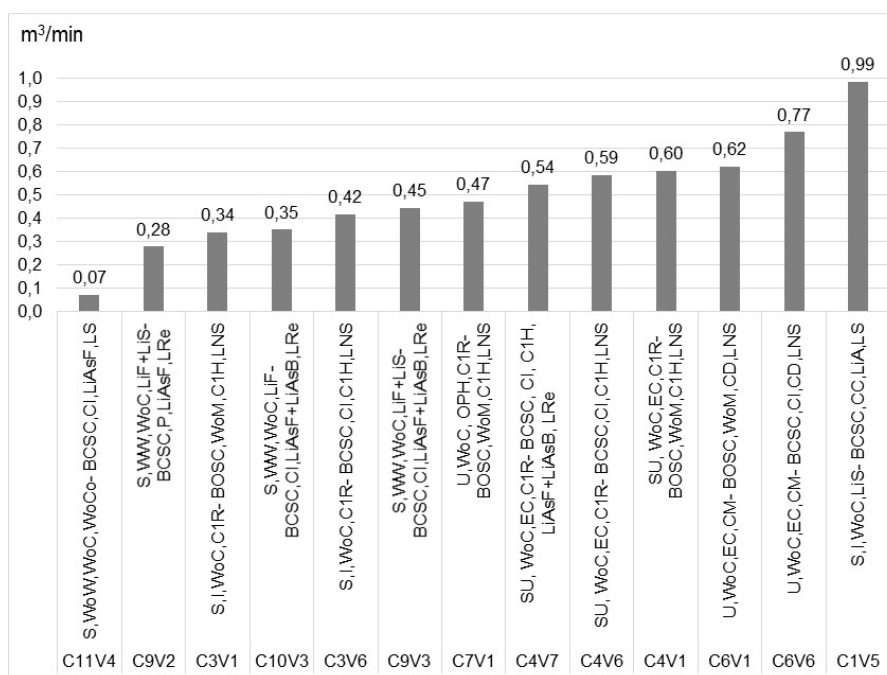


Figura V-62: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo

Assim, fazendo uma análise por sistema e fluxo de resíduo, que se apresenta nas Figura V-63 a Figura V-65, conclui-se que não existe grande variação neste indicador para diferentes fluxos no mesmo sistema, com uma média que ultrapassa os 500 l por minuto. Verifica-se que o vidro tem uma média das médias dos sistemas de 0,56 m³/min, seguido pelo Papel/cartão com 0,52 m³/min e pelo Plástico/metalo, com 0,51 m³/min.

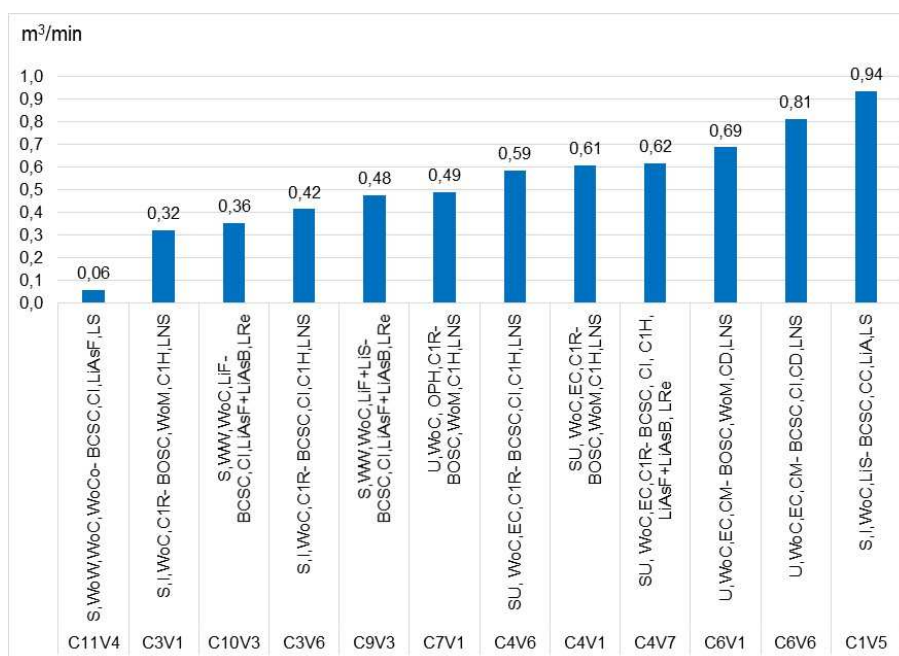


Figura V-63: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Papel/cartão

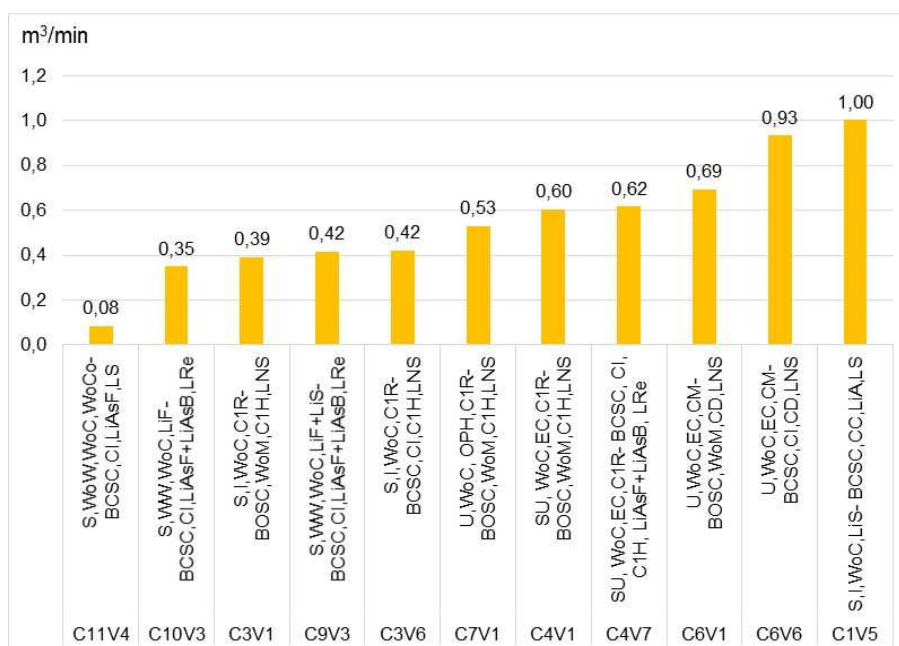


Figura V-64: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Plástico/metal

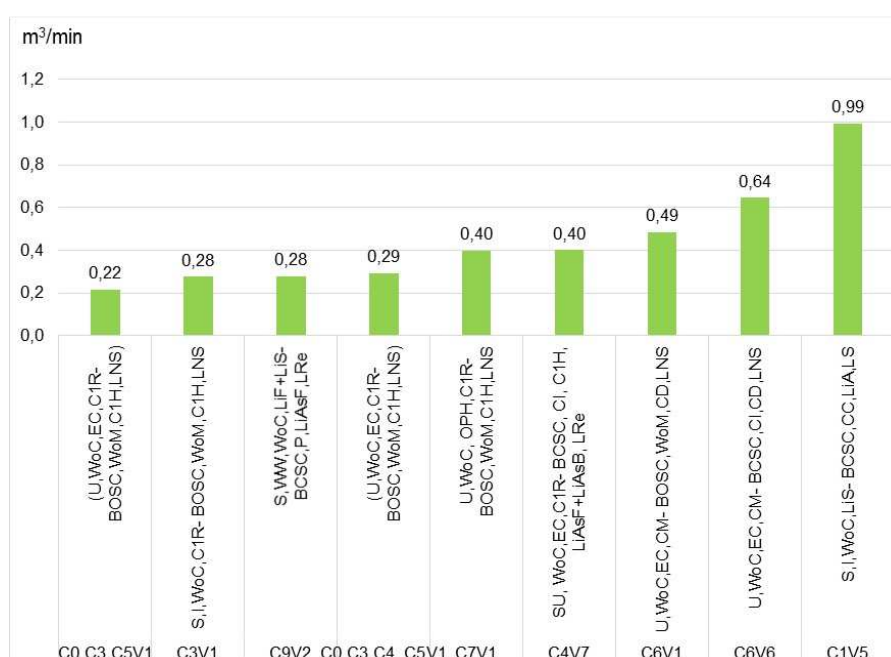


Figura V-65: Indicador ISO.13 – Volume recolhido por tempo de recolha efectivo: Vidro

ISO.14) Volume recolhido por distância de recolha efectiva (Indicador de benchmarking)

Tal como o indicador ISO.13, este é também um indicador de *benchmarking* do desempenho produtivo dos circuitos, medido pelo volume recolhido nos diferentes sistemas monitorizados, sendo que neste caso o denominador é a distância de recolha efectiva. Os resultados obtidos para este indicador por sistema de recolha (média de todos os registos, sem considerar o fluxo de resíduo) são os que se apresentam na Figura V-66.

Da análise dos resultados verifica-se que, excluindo os circuitos mistos, em média (média das médias dos sistemas) se recolhem 5,1 m³ por quilómetro de recolha efectiva, com um mínimo de 1,6 m³/km

para os sistemas assistidos de recolha de vidrões de 4 rodas com a viatura satélite de carga traseira e grade (sem compactação) (C9V2) e sistemas manuais com sacos e satélite de carga lateral (C11V4).

O sistema com melhor resultado é sistema semi-automático que utiliza recipientes subterrâneos de plataforma a gás recolhidos por viaturas de caixa aberta com grua (C7V1), com quase 9 m³/km, que se justifica por se tratar de um sistema com contentores de grande capacidade, concentrado numa zona pequena (capitações elevadas), seguido pelos três sistemas semi-automáticos que utilizam recipientes semi-subterrâneos, com valores entre 7,1 e 8,7 m³/km, e depois pelo sistema semi-automático com recipientes subterrâneos compactos com cogumelo, recolhidos por viaturas compactadoras com o sistema *kinshofer* na grua (C6V6) e finalmente pelos sistemas automáticos com recipientes com apoios laterais para a viatura com elevador automático de carga lateral (C1V5), com 5,7 m³/km.

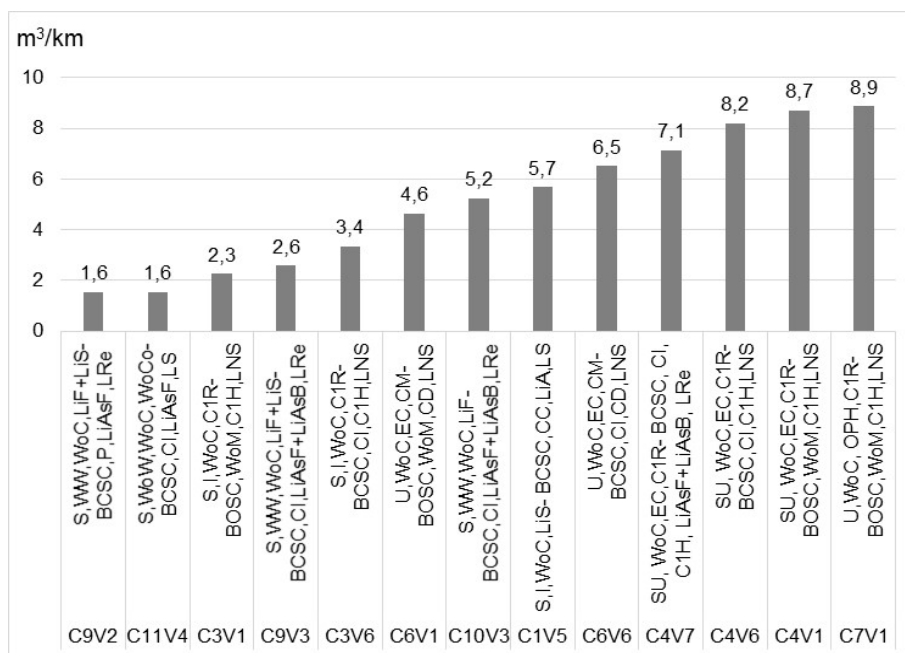


Figura V-66: Indicador ISO. 14 – Volume recolhido por distância de recolha efectiva

Repetindo a análise mas agora separadamente para cada um dos fluxos de recolha, que se apresenta na Figura V-67, verifica-se que a tendência em termos relativos entre os diferentes sistemas é muito semelhante entre fluxos, sendo de referir os valores maiores para o papel/cartão e plástico/metall, quando comparado com o vidro, um resultado que é expectável, considerando que os recipientes subterrâneos de vidro têm geralmente capacidades inferiores (de 3 m³) do que os dedicados ao papel/cartão ou plástico/metall (de 5 m³). Em todos os fluxos de resíduos se destaca o sistema semi-automático C7V1.

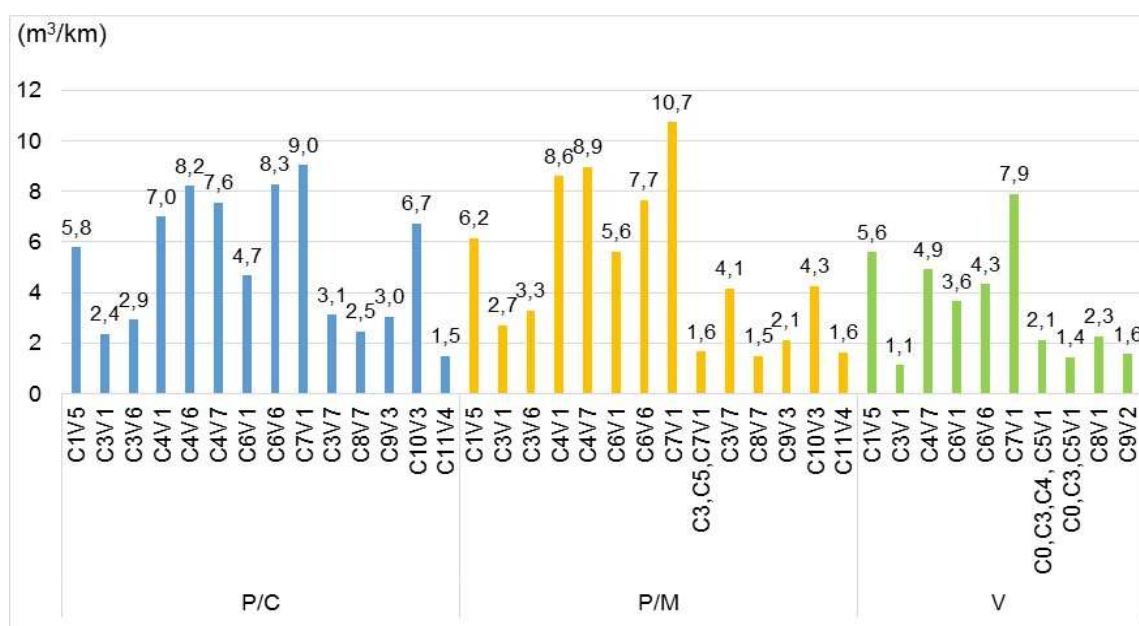


Figura V-67: Indicador ISO.14 – Volume recolhido por distância de recolha efectiva, por fluxo de recolha

ISO.15) Velocidade média de recolha efectiva (Indicador de planeamento e monitorização)

Aplicando o quociente entre a distância efectiva de recolha e o tempo de recolha efectivo, por sistema de recolha, obtém-se os resultados que se apresentam na Figura V-68, que varia entre o mínimo de 3,2 km/h no sistema semi-automático de recolha de contentores subterrâneos de plataforma hidráulica com viatura grua de caixa aberta (C7V1), e os 13,4 km/h no sistema semi-automático de contentores subterrâneos de plataforma a gás e compactadora com grua e elevador de carga lateral (C8V7).

Considerando que no denominador deste quociente está incluído o tempo de recolha dos recipientes, a velocidade média de deslocação da viatura na fase de recolha efectiva entre pontos é obtida após exclusão destes tempos, pelo quociente entre a média do tempo entre pontos de recolha por sistema e a distância de recolha efectiva, de acordo com a Figura V-69, de onde resulta uma velocidade média (média das médias de velocidade dos diferentes sistemas) de 15,2 km/h. A velocidade mínima, de 8,3 km/h, é obtida no sistema de recolha assistido com contentores de quatro rodas para o elevador traseiro da viatura compactadora (C9V3) e a máxima, de 26,9 km/h também num sistema assistido com a mesma viatura, onde a diferença está nos recipientes, de duas rodas com apoios frontais (C10V3).

Da análise de ambos os gráficos, verifica-se que não foi possível estabelecer nenhuma relação entre os resultados e o tipo de sistema de recolha, sendo assim um indicador útil apenas à monitorização de circuitos, tal como já foi referido.

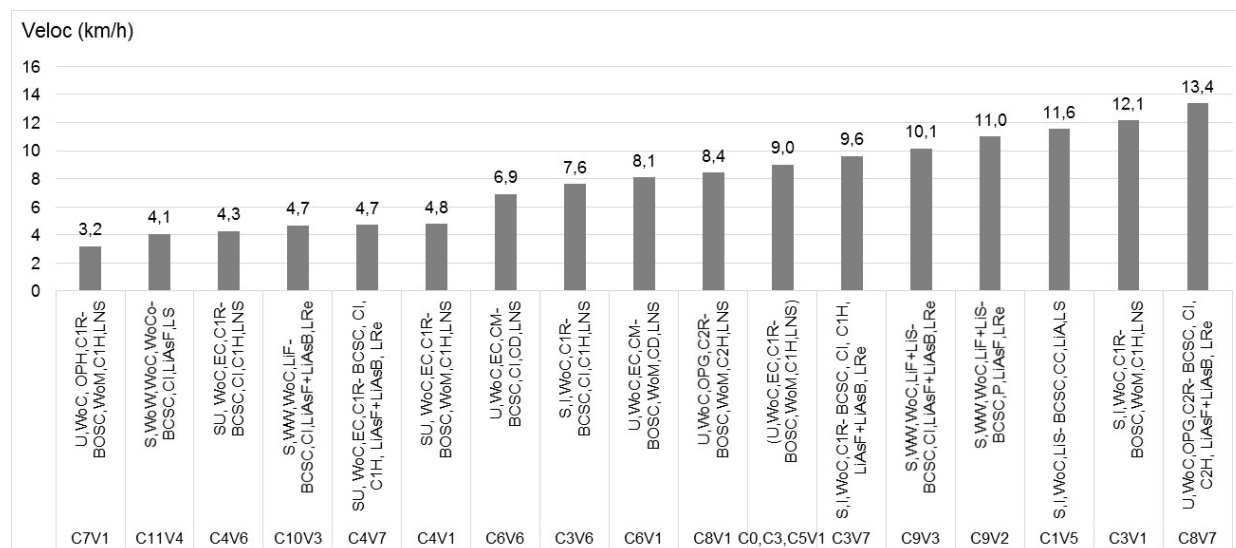


Figura V-68: Indicador ISO.15 – Velocidade média da fase de recolha efectiva

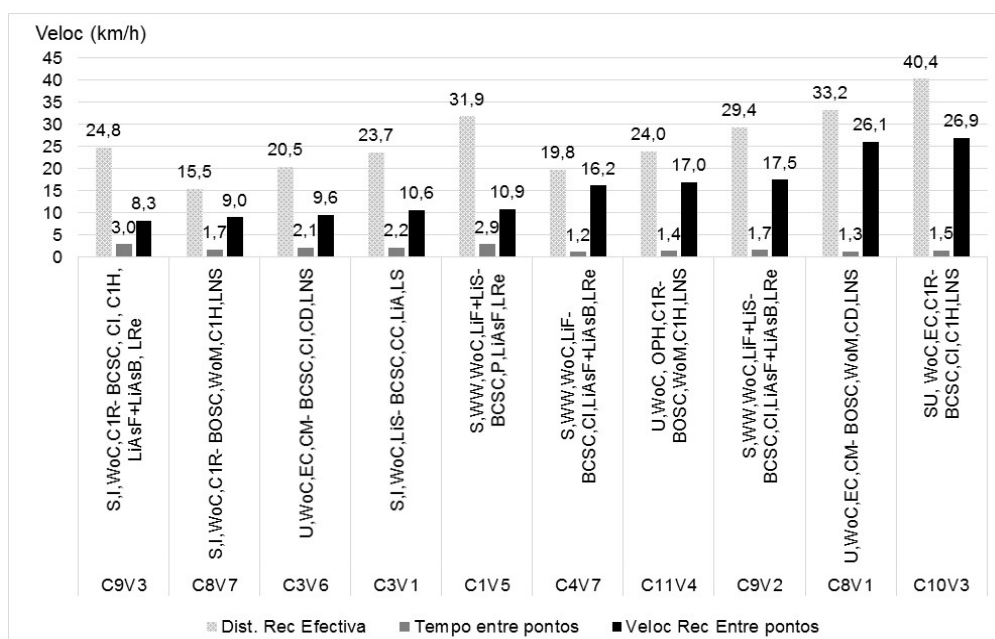


Figura V-69: Indicador ISO.15 – Velocidade média entre pontos de recolha (fase de recolha efectiva)

ISO.16) Quantidade recolhida por recipiente (Indicador de planeamento e monitorização)

O indicador que mede a quantidade recolhida por recipiente foi calculado por sistema e fluxo de resíduo, pelo quociente entre a quantidade média descarregada por circuito e o número médio de recipientes recolhidos para o sistema em questão, de acordo com as Figura V-70, Figura V-71 e Figura V-72.

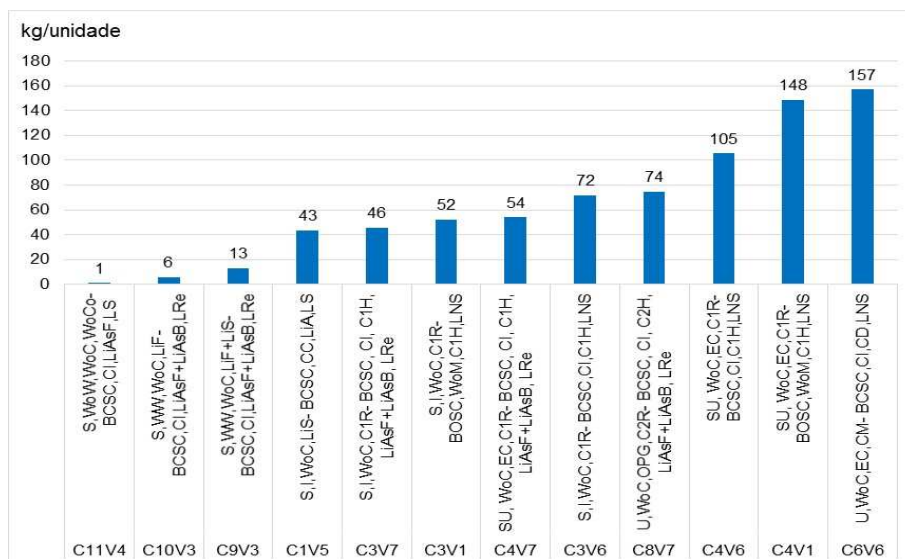


Figura V-70: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Papel/cartão

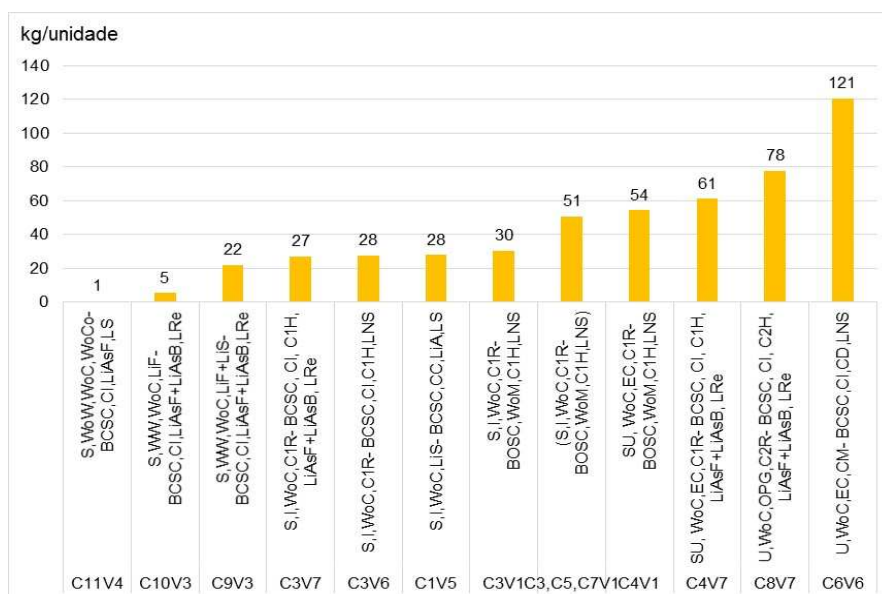


Figura V-71: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Plástico/metal

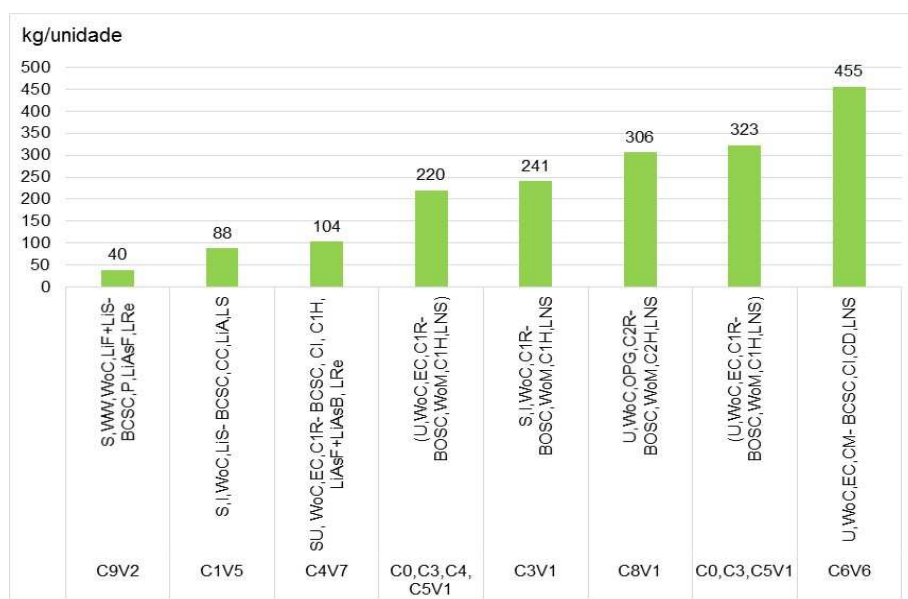


Figura V-72: Indicador ISO.16 – Quantidade recolhida por recipiente: Vidro

Como era de prever, os sistemas que menos quantidades, em peso, recolhem por contentor são os sistemas que utilizam contentores de menores capacidades, como é o caso do sistema manual C11V4 que recolhe 1,1 e 0,7 kg/saco de papel/cartão e plástico/metalo, respectivamente. Com maiores valores para este indicador surge o sistema semi-automático com recipientes subterrâneos de grande capacidade (5 m³) de plataforma hidráulica recolhidos por viatura *multilif* com compactador móvel e grua (C6V6), com 157 e 120 kg/contentor de papel/cartão e plástico/metalo, respectivamente.

No caso do vidro, também o sistema C6V6 tem os melhores resultados, com 455 kg/contentor. Nesta valência, não existindo sistemas porta-a-porta, que utilizam recipientes de menores capacidades, o sistema com o pior resultado é o sistema assistido de recolha de contentores de duas rodas (entre 90 e 360 l) com viatura satélite (C9V2), com 42 kg/contentor.

Interessa agora cruzar estes resultados com as capacidades e pesos específicos em contentor, cujos resultados se apresentam a seguir, de forma a estimar as taxas de enchimento, que na maioria dos sistemas são de difícil medição visual.

ISO.17) Taxa de enchimento dos recipientes (*Indicador de planeamento e monitorização*)

Este indicador, que não é um valor real (medido) mas uma estimativa, estabelece um rácio entre o resultado do quociente entre a quantidade recolhida (descarga na central) e o volume total recolhido (produto entre o número de recipientes recolhidos e a sua capacidade líquida) (Figura V-73), com os valores de peso específico em contentor (Indicador ISO.3). Os resultados das taxas de enchimento médias estimadas por sistema apresentam-se na Figura V-74, e por sistema e fluxo de resíduo na Figura V-75.

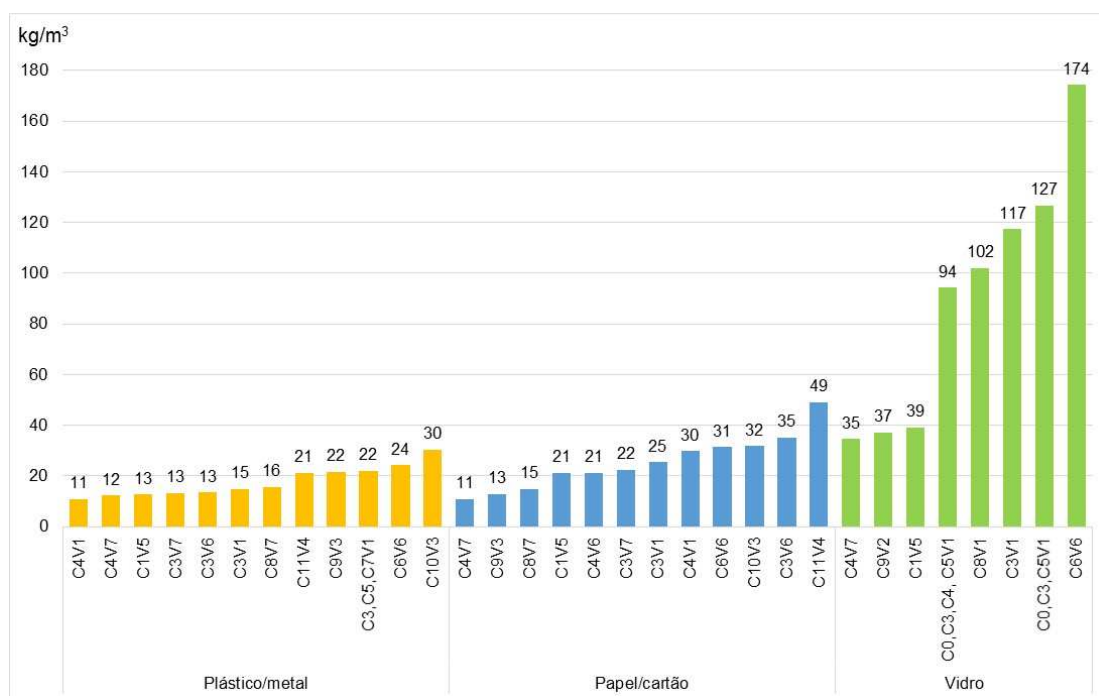


Figura V-73: Quociente entre a quantidade descarregada e o volume recolhido

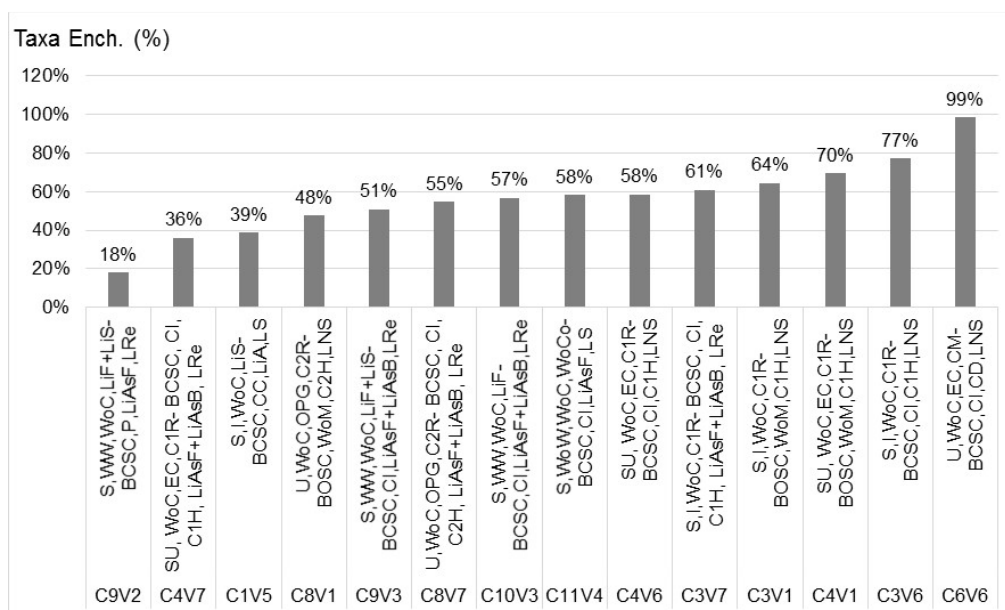


Figura V-74: Indicador ISO.17 – Taxa de enchimento dos contentores por sistema (estimativa)

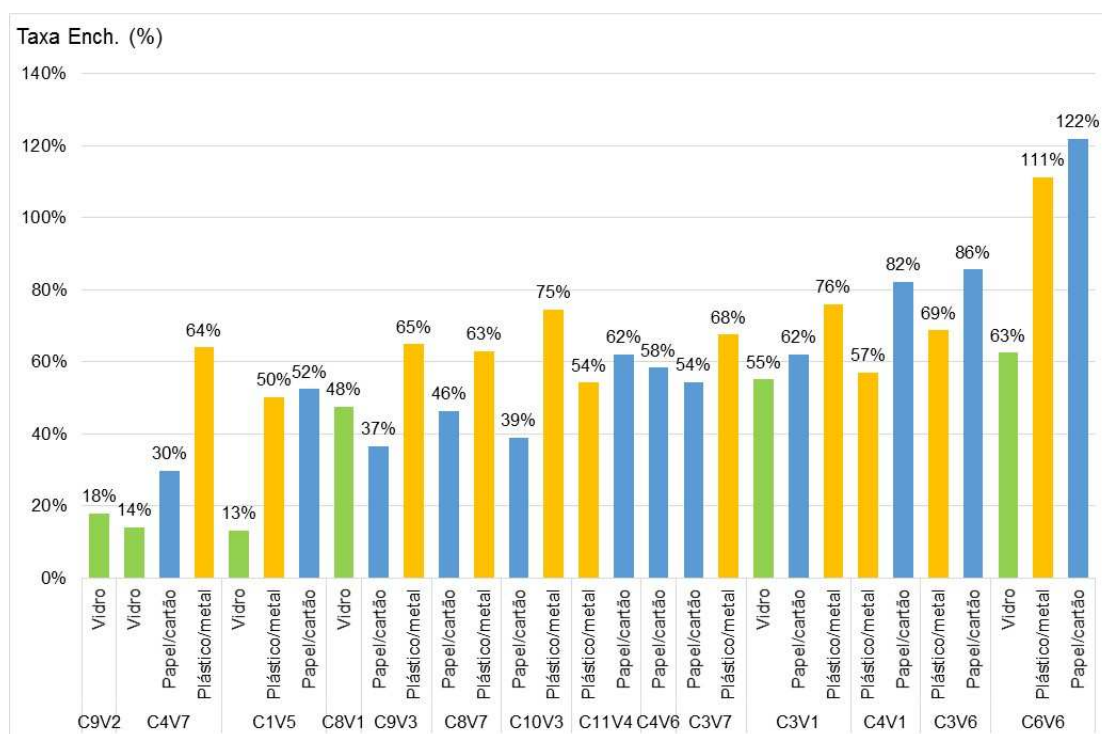


Figura V-75: Indicador ISO.17 – Taxa de enchimento dos contentores por sistema e fluxo de resíduo (estimativa)

Da análise da Figura V-75, verifica-se que os resultados indicam erro no sistema C6V6, uma vez que as taxas de enchimento só poderiam ultrapassar os 100% caso fossem registados volumes de resíduos recolhidos fora dos recipientes, que não foi o caso, pelo que se conclui que ocorreu um erro no registo ou os valores do peso específico para o papel/cartão e plástico/metal calculados para este sistema foram sub-estimados. Excluindo este sistema, a Figura V-74 apresenta taxas de enchimento estimadas nos circuitos monitorizados na área de estudo a variar entre 18%, no caso dos circuitos de Lisboa com contentores de superfície de quatro rodas e viatura compactadora de carga traseira (C9V2) e 77%, para os circuitos de recolha de recipiente de superfície com argola simples para viatura *multilift* com compactador móvel e grua (C6V6).

Fazendo uma análise comparativa entre fluxos de recolha, verifica-se que no caso do papel/cartão as taxas de enchimento variam entre os 30 (C4V7) e os 86% (C3V6), com uma média das médias de 53%, enquanto no caso do plástico/metal os contentores variam entre 47 (C11V4) e 76% (C3V1), com uma média das médias de 63%. No vidro, os valores das taxas de enchimento são menores (o que seria de prever uma vez que o factor limitante neste fluxo é habitualmente o peso máximo legal da viatura), variando entre 13% (C1V5) e 63% (C6V6), com uma média das médias de 33%, que é um valor muito baixo. A utilidade deste indicador é assim demonstrada, revelando no caso dos circuitos da área de estudo que existe um enorme potencial para optimização da capacidade instalada e dos circuitos, cuja frequência de recolha pode ser drasticamente reduzida.

ISO.18) Quantidade recolhida por ponto (Indicador de planeamento e monitorização)

Este indicador resulta do quociente entre a quantidade média descarregada por circuito e o número médio de pontos recolhidos para o sistema em questão, que tem o mesmo valor do Indicador ISO.16 nos sistemas onde o número de recipientes e de pontos é o mesmo. Assim, o indicador foi calculado para os sistemas onde se recolhe mais do que um recipiente por ponto (Figura V-76), como é o caso dos dois sistemas porta-a-porta, com sacos (C11V4) e com contentores de duas rodas (C10V3) e do

sistema com contentores de quatro rodas e viatura compactadora de carga traseira (C9V3) ou satélite com grade e elevador traseiro (C9V2), todos a funcionar em Lisboa.

Comparando os valores obtidos para o indicador ISO.16 e os apresentados acima, conclui-se que no caso do sistema C11V4 se recolhe aproximadamente quatro vezes mais resíduos por ponto do que por contentor nos circuitos de recolha de plástico/metall, e oito vezes nos de papel/cartão, dando assim uma indicação do número médio de contentores por ponto (4 e 8, respectivamente). Da mesma forma, no sistema C10V3, recolhe-se aproximadamente o dobro da quantidade em ambos os fluxos de resíduos, indiciando a recolha de uma média de dois contentores por ponto. No sistema C9V3 os valores indicam que se recolhe entre 1,2 e 1,8 vezes mais quantidade por ponto do que por recipiente e no sistema C9V2 apenas 1,2 vezes mais, sendo assim o sistema neste grupo onde menos contentores são recolhidos por ponto.

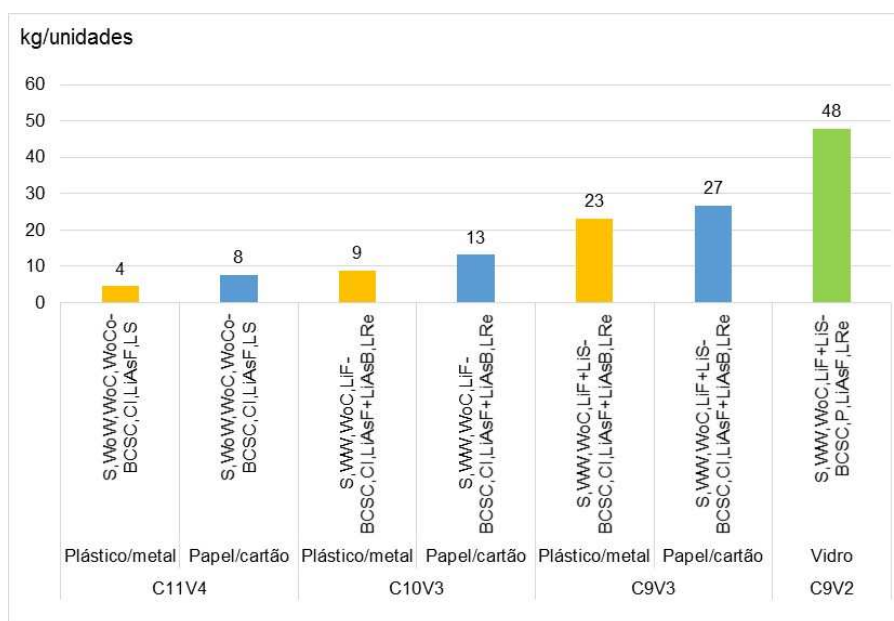


Figura V-76: Indicador ISO. 18 – Quantidade recolhida por ponto

ISO.19) Quantidade recolhida por capacidade da viatura (*Indicador de planeamento e monitorização*)

Este indicador traduz a rentabilização da utilização da capacidade das viaturas, dado pelo quociente entre a quantidade, em peso, descarregada por volta e a capacidade volumétrica da viatura. O indicador foi calculado por circuito e fluxo de resíduo, cuja média por sistema se apresenta nos gráficos abaixo (Figura V-77, Figura V-78 e Figura V-79). De referir que este indicador pertence à lista de indicadores de avaliação da qualidade do serviço que a ERSAR solicita anualmente às entidades gestoras.

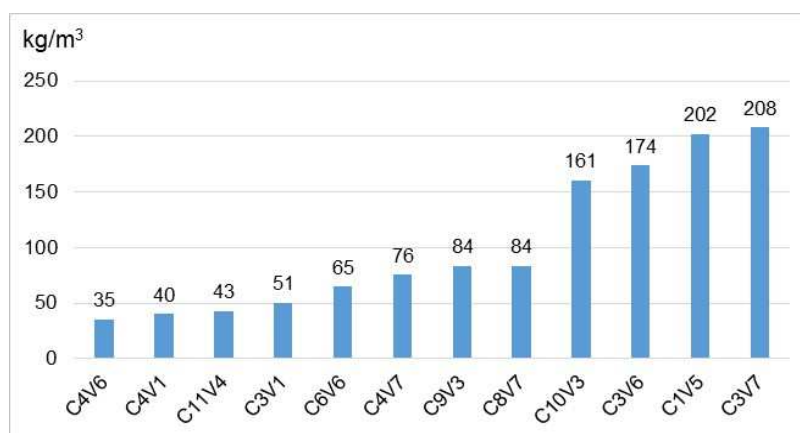


Figura V-77: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: papel/cartão

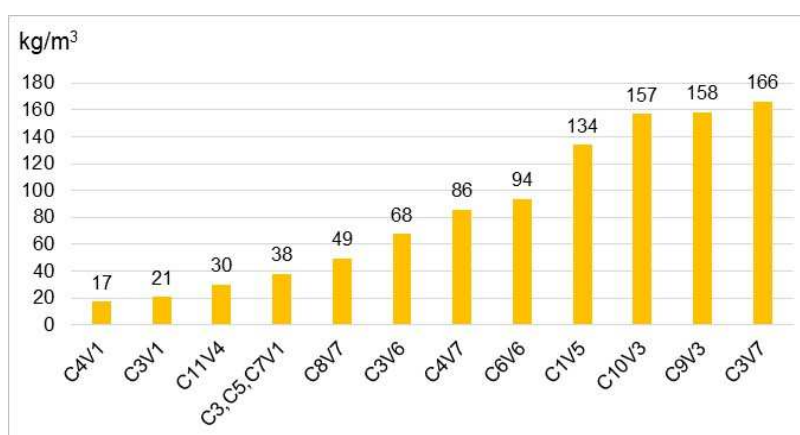


Figura V-78: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: plástico/metal

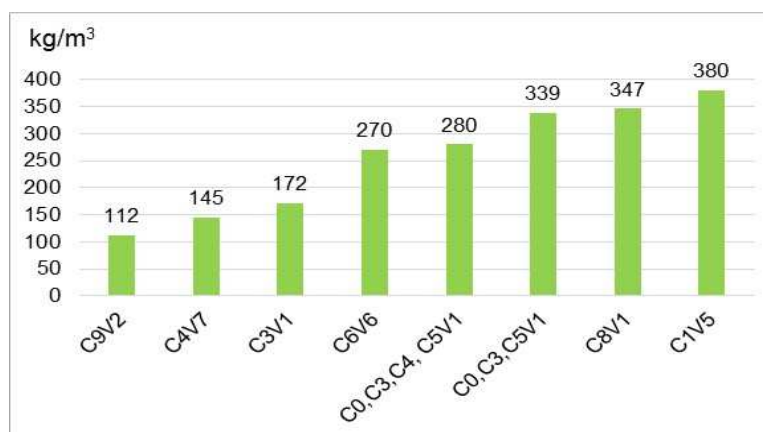


Figura V-79: Indicador ISO.19 – Quantidade recolhida por cubicagem da viatura: vidro

Da análise dos gráficos conclui-se que este indicador varia entre o máximo, no caso do vidro, de 380 kg/m³, até ao mínimo, no caso do plástico/metal, de 17 380 kg/m³. O fluxo de recolha de papel/cartão tem uma média de 102 kg/m³ (média das médias por sistema), o plástico/metal de 85 kg/m³ e o vidro de 256 kg/m³.

Nos fluxos de papel/cartão e plástico/metálico, os sistemas que menos rentabilizam a capacidade das viaturas são os semi-automáticos que utilizam recipientes semi-subterrâneos e viaturas grua de caixa aberta (C4V1) ou com compactador móvel (C4V6). O sistema de recolha semi-automático com contentores de superfície com argola simples recolhidos por viaturas de caixa aberta também tem resultados baixos (C3V1), como seria de esperar, por utilizar viaturas sem compactação.

O sistema que mais rentabiliza a capacidade das viaturas em ambos os fluxos de recolha é o sistema de recolha semi-automático com contentores de superfície de argola simples recolhidos por viaturas compactadoras com grua e elevador de carga traseira (C3V7). O sistema automático, C1V5, também se destaca no papel/cartão (sendo o quarto melhor no plástico/metálico), assim como o sistema assistido com contentores de duas rodas e viatura compactadora de carga traseira (C10V3). No Vidro, o sistema com piores resultados é o sistema assistido com contentores de quatro rodas e viatura satélite de carga traseira sem compactação (C9V2), assim como o sistema de recolha semi-automático com contentores de superfície com argola simples recolhidos por viaturas de caixa aberta (C3V1), que está sempre entre os piores 4 resultados. O sistema com melhor rentabilização da viatura no vidro é o automático de recolha lateral, C1V5, que também obteve bons resultados nos restantes fluxos.

ISO.20) Volume recolhido por capacidade da viatura (*Indicador de planeamento e monitorização*)

Este indicador é semelhante ao anterior no entanto no numerador consta o volume recolhido por volta, sendo assim um rácio (m^3/m^3), cujos resultados se apresentam na Figura V-80, Figura V-81 e Figura V-82 para os três fluxos de recolha.

Este indicador daria a taxa de compactação para as viaturas que recolhem papel/cartão e plástico/metálico se os contentores estivessem cheios a 100%, no entanto, considerando que não temos informação sobre esta variável, o indicador não permite fazer *benchmarking* de sistemas (que neste caso seria reflexo da eficiência do compactador). Assim, de registar apenas que as viaturas recolhem entre 10 a 13 vezes o volume da cubicagem da viatura em contentores, o que demonstra claramente taxas de enchimento reduzidas, mesmo considerando os sistemas onde as viaturas têm compactação, que nunca ultrapassariam as 6 vezes (o máximo indicado nas compactadoras mais eficientes é uma taxa de compactação de 1:6).

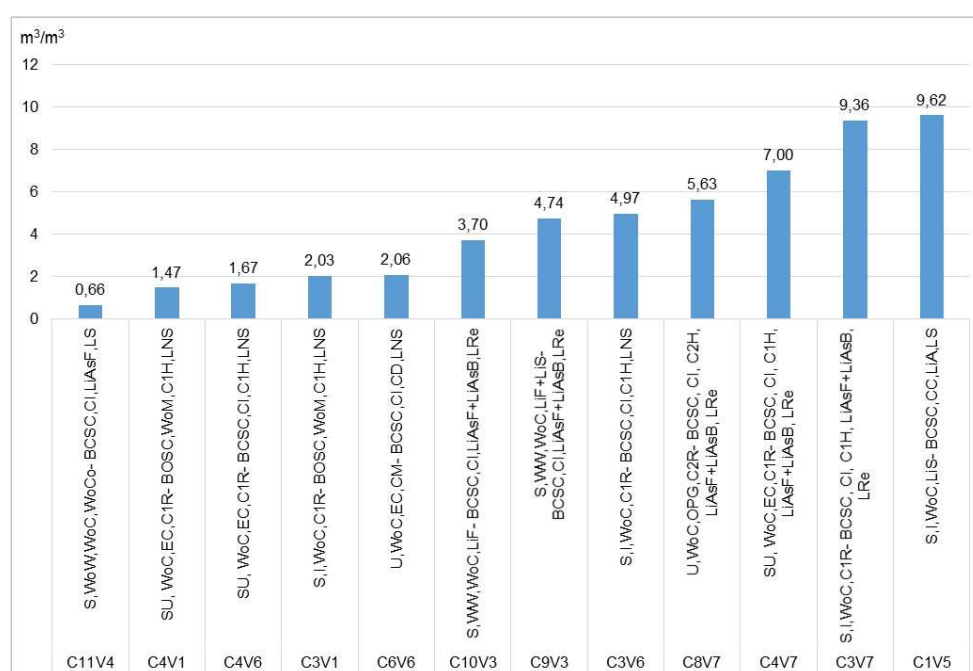


Figura V-80: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: papel/cartão

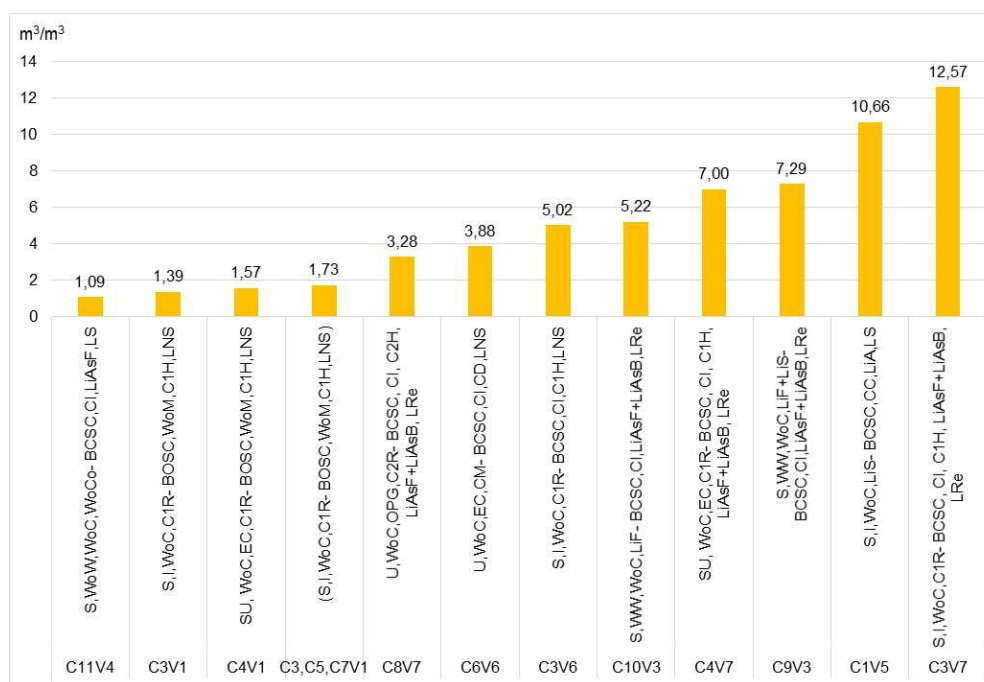


Figura V-81: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: plástico/metal

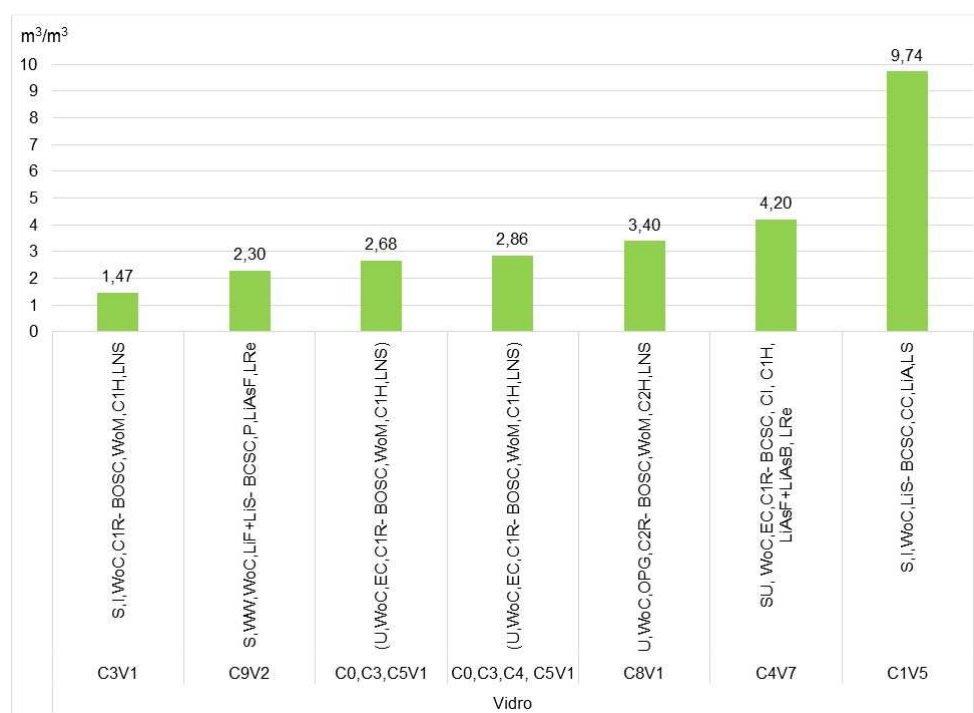


Figura V-82: Indicador ISO.20 – Volume recolhido por cubicagem da viatura: vidro

O sistema onde o volume recolhido e descarregado é mais próximo da unidade é o sistema manual C11V4, o que tem lógica, uma vez que se trata da recolha de sacos numa viatura satélite que terá pouca compactação. Os sistemas C4V1 e C3V1 seguem-se logo a seguir, o que também seria expectável uma vez que são sistemas de caixa aberta, isto é, sem qualquer compactação.

Os sistemas com valores mais altos são o sistema automático de recolha lateral C1V5 e o sistema

semi-automático de recolha de contentores de superfície com grua e viatura compactadora com grua e elevador de carga traseira (C3V7), ambos com viaturas onde o fabricante indica taxas de compactação que podem ir até os 1:6. No vidro, este indicador deveria estar próximo da unidade, uma vez que é um fluxo com reduzido potencial de compactação, o que não se verifica provavelmente devido à recolha de vidrões com taxas de enchimento muito baixas (que já se tinha confirmado pelo indicador ISO.17), que permite que se recolham de muitos mais recipientes do que seria de esperar.

ISO.21 e ISO.22) Contentores e pontos recolhidos por tempo de recolha efectiva (*Indicadores de planeamento e monitorização*)

Estes indicadores resultam do quociente entre o número total de contentores ou de pontos recolhidos no circuito e o tempo de recolha efectiva, calculado por circuito e sistema, cujos resultados se apresentam nos gráficos das Figura V-83 e Figura V-83, respectivamente.

Estes indicadores só devolvem resultados diferentes nos sistemas onde se recolhe mais que um contentor por ponto, isto é, nos sistemas onde o número de pontos e de contentores é diferente, que na área de estudo são os sistemas assistidos de recolha de contentores de superfície com apoios para recolha por viaturas compactadoras com elevadores de carga traseira (C9V3 e C10V3) ou satélite sem compactação (C9V2) e os sistemas manuais de recolha de sacos com viatura satélite compactadora (C11V4). Assim, na Figura V-83 apresentam-se apenas estes sistemas.

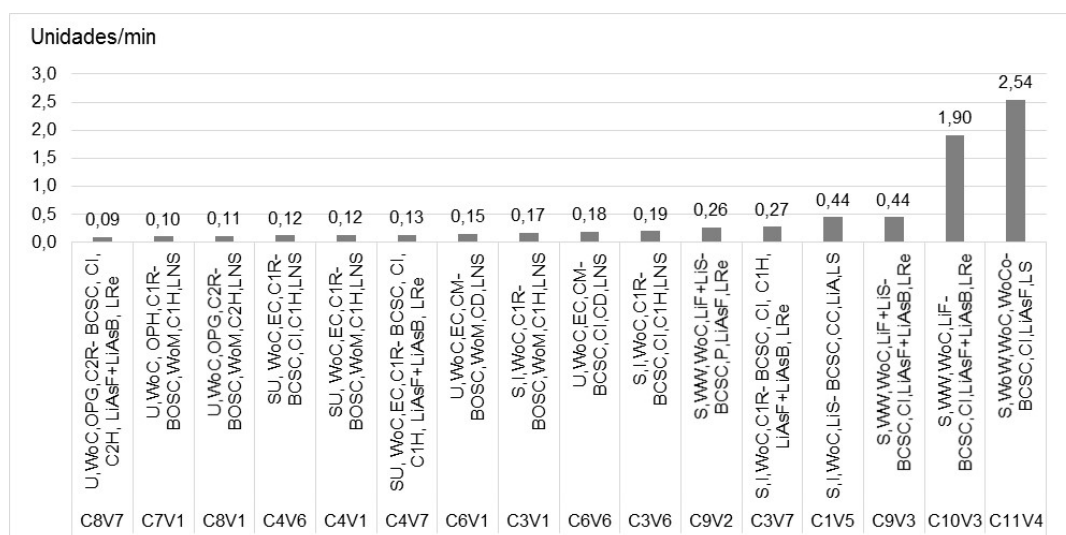


Figura V-83: Indicador ISO.21 – Número de contentores recolhidos por minuto de recolha efectiva

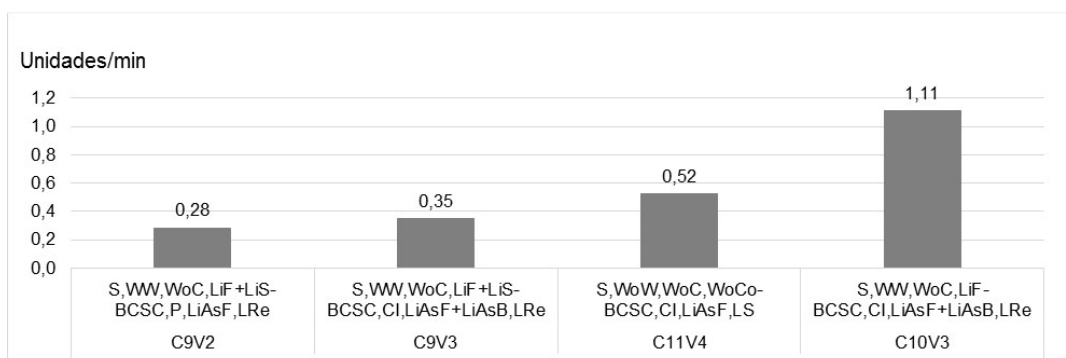


Figura V-84: Indicador ISO.22 – Número de pontos recolhidos por minuto de recolha efectiva

Este indicador varia entre 0,09 e 2,54 contentores por minuto. Os sistemas porta-a-porta com sacos (C11V4) e com contentores de duas rodas (C10V3) e destacam-se, como seria de esperar, com 2,5 e 1,9 contentores/sacos por minuto de recolha efectiva, respectivamente. No primeiro caso, o resultado deve-se à recolha com elevadores duplos, e no segundo ao facto de um mesmo cantoneiro poder recolher e lançar na viatura vários sacos ao mesmo tempo, reduzindo assim o tempo de recolha unitário, e consequentemente o resultado deste indicador. Nos restantes sistemas, de deposição colectiva, destaca-se o sistema de recolha automático com recipientes com apoios para a viatura com elevador automático de carga lateral (C1V5) e o sistema de recolha de contentores de superfície de quatro rodas e viatura compactadora de carga traseira (C10V3).

Na Figura V-83, verifica-se que os resultados para os sistemas C10V3 e C11V4 se destacam novamente, como seria de esperar, agora com valores inferiores ao indicador anterior, existindo uma inversão na ordem dos sistemas: o sistema com um valor maior neste caso é o sistema com contentores de duas rodas (C10V3), destacando-se claramente dos restantes, com mais de um ponto recolhido por minuto de recolha efectiva, que é um resultado que resulta da proximidade entre pontos e/ou de pontos de recolha com vários contentores.

ISO.23 e ISO.24) Contentores e pontos recolhidos por distância de recolha efectiva (Indicadores de planeamento e monitorização)

À semelhança dos dois anteriores, estes indicadores resultam do quociente entre o número total de contentores ou de pontos recolhidos no circuito e a distância de recolha efectiva, cujos resultados da média, por sistema de recolha, se apresentam nos gráficos das Figura V-85 e Figura V-86, respectivamente.

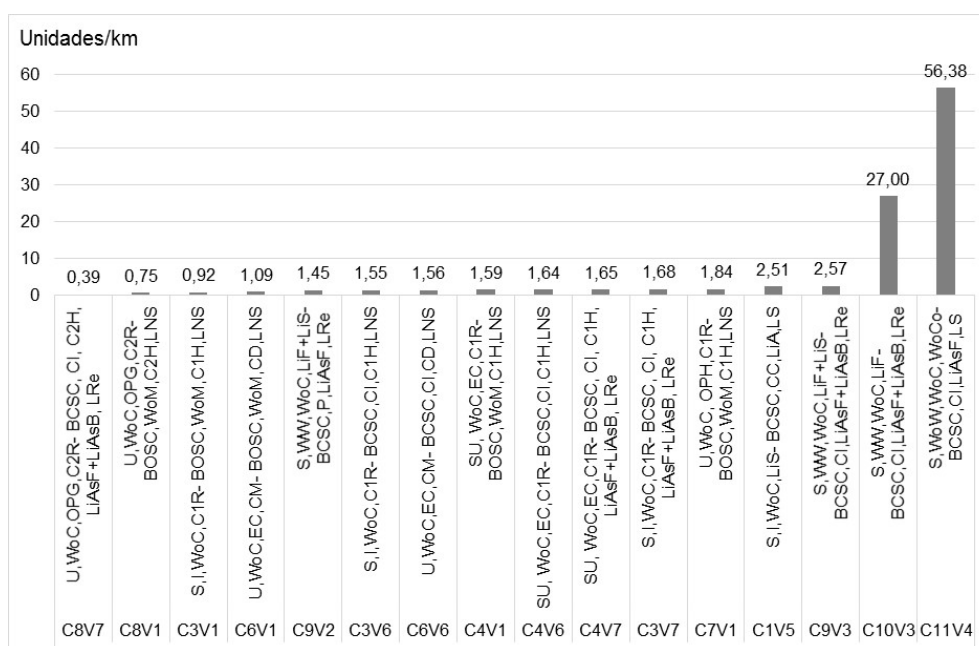


Figura V-85: Indicador ISO.23 – Número de contentores recolhidos por quilómetro de recolha efectiva

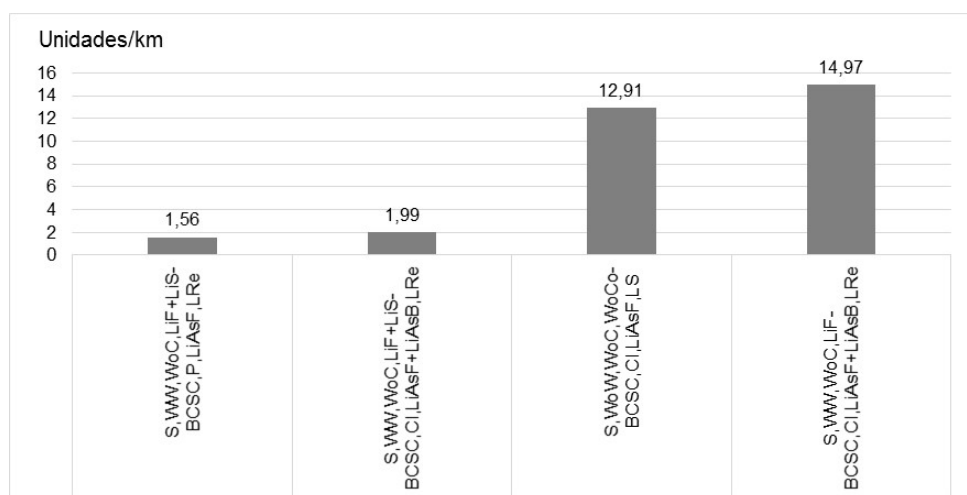


Figura V-86: Indicador ISO.24 – Número de pontos recolhidos por quilómetro de recolha efectiva

Mais uma vez os sistemas porta-a-porta com contentores de duas rodas (C10V3) e com sacos (C11V4) se destacam em ambos os indicadores, invertendo-se novamente o que tem melhor resultado quando se passa do Indicador ISO.23 (onde o que tem um resultado superior é o C10V3, com quase 15 pontos recolhidos por km) para o ISO.24 (onde o melhor resultados é obtido no sistema C11V4, com mais de 56 sacos recolhidos por km). A seguir, mas muito afastado surge novamente o sistema de recolha automático C1V5 com 2,6 contentores recolhidos por quilómetro de recolha efectiva.

De facto, da análise destes quatro indicadores (ISO.20 a ISO.24), deve-se destacar o resultado do sistema automático C1V5, que é o melhor resultado para os sistemas de deposição colectiva, onde não se recolhe habitualmente mais de um contentor por ponto, e o único destes sistemas que tem resultados iguais ou até superiores ao sistema de recolha com contentores de quatro rodas (C9), onde se recolhem frequentemente vários recipientes por ponto, pelo que se esperaria que tivessem resultados mais afastados. Este resultado, associado à maior capacidade líquida destes recipientes, justifica os bons resultados nos indicadores de desempenho operacional ISO.9, ISO.10, ISO.13 e ISO.14.

ISO.25 e ISO.26) Peso percentual do tempo de recolha e do tempo entre contentores no tempo total de recolha efectivo (Indicadores de planeamento e monitorização)

Estes indicadores resultam do quociente entre o tempo total de recolha de contentores (produto do tempo de recolha unitário com o número de contentores recolhidos) e o tempo total entre contentores (diferença entre o tempo de recolha efectiva e o tempo de total de recolha dos contentores), respectivamente, e o tempo de recolha efectiva do circuito, cujos resultados se apresentam na Figura V-87.

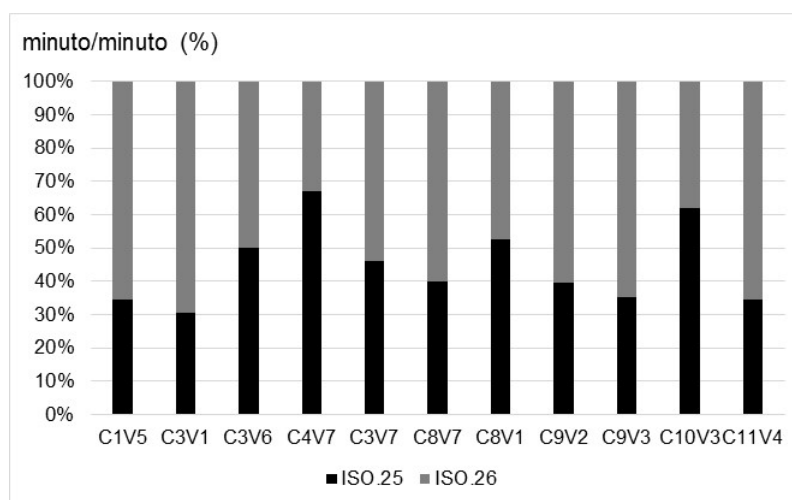


Figura V-87: Indicadores ISO.25 e ISO.26 – Peso % do tempo de recolha de recipientes e do tempo entre recipientes no tempo de recolha efectiva

Da análise do gráfico verifica-se que sistemas com menos contentores recolhidos por circuito podem mesmo assim ter tempos de recolha totais superiores, destacando-se os sistemas de recolha de recipientes semi-subterrâneos com viatura compactadora com grua e elevador traseiro, C4V7. Este sistema tem valores muito semelhantes ao sistema assistido com contentores de superfície e viatura compactadora com elevador traseiro C10V3, apesar das enormes diferenças operacionais entre eles: no sistema C4V7, a viatura recolhe em média apenas 28 recipientes por circuito, mas tem um tempo total de recolha semelhante ao sistema C10V3, de 147 e 148 min. Isto resulta do facto do sistema semi-subterrâneo ter tempos de recolha unitários de 5,3 min contra os 0,3 min do sistema assistido, que é compensado no entanto pelo número de contentores recolhidos, que é muito superior neste (456 contra 28). No tempo total gasto entre pontos destaca-se o sistema assistido C9V3, o sistema semi-automático C3V1 e o sistema automático C1V5.

Os sistemas onde o tempo total de recolha de contentores pesa mais que o tempo entre pontos são os C4V7, C10V3 e C8V1. No C3V6 as duas fases têm o mesmo peso percentual. Os restantes sistemas gastam mais tempo entre contentores do que na recolha dos mesmos. Considerando que estes resultados dependem também da geografia dos circuitos, isto é, da concentração geográfica dos pontos, devem ser analisados com o indicador que avalia as distâncias efectivas de recolha.

ISO.27) Distância média entre pontos de recolha (Indicador de planeamento)

Os resultados do quociente entre a distância efectiva de recolha e o número de pontos de recolha, menos um, por sistema, apresentam-se na Figura V-88.

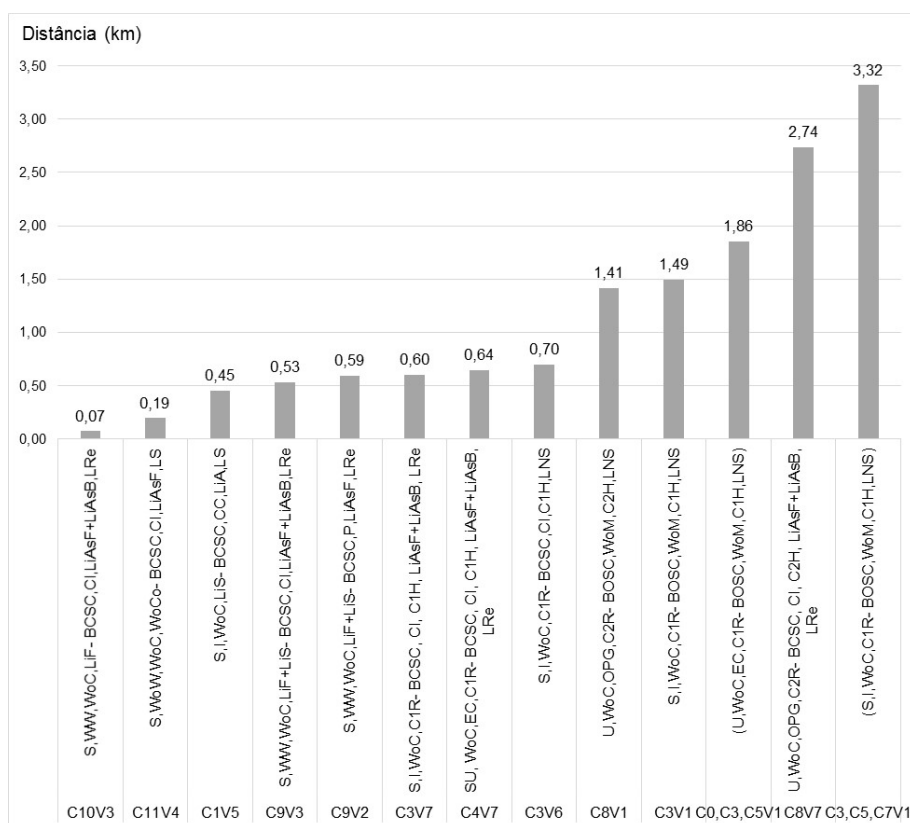


Figura V-88: Indicadores ISO.27 – Distância média entre pontos de recolha

Da análise do gráfico, verifica-se que a distância média entre pontos de todos os sistemas monitorizados é 1,1 km, com um mínimo de 70 m registado no sistema C10V3, logo seguido pelo sistema C11V4 com 190 m, e um máximo de 3,3 km, registado no sistema com contentores mistos, C3,C5,C7V1, onde a maior percentagem de contentores recolhidos é o tipo C3 – superfície com argola simples. Excluindo os sistemas mistos, o que se destaca é o sistema C8V7 (circuito de recolha no centro de cascais, onde os contentores estão muito próximos) e logo a seguir o C3V1.

Este indicador complementa o indicador a seguir, uma vez que é uma medida da concentração do circuito que remete apenas à fase de recolha efectiva. Naturalmente que, para uma mesma área a servir, se pretende minimizar este indicador, uma vez que quanto menor a distância entre contentores, menores as distâncias efectivas de recolha circuito e portanto menores os custos, análise esta que só fica completa com a avaliação da quantidade recolhida (em volume ou em peso).

ISO.28) Coeficiente de concentração do circuito (Indicador de planeamento)

Este indicador resulta do quociente entre a distância efectiva de recolha e a distância total do circuito, cujos resultados se apresentam na Figura V-89.

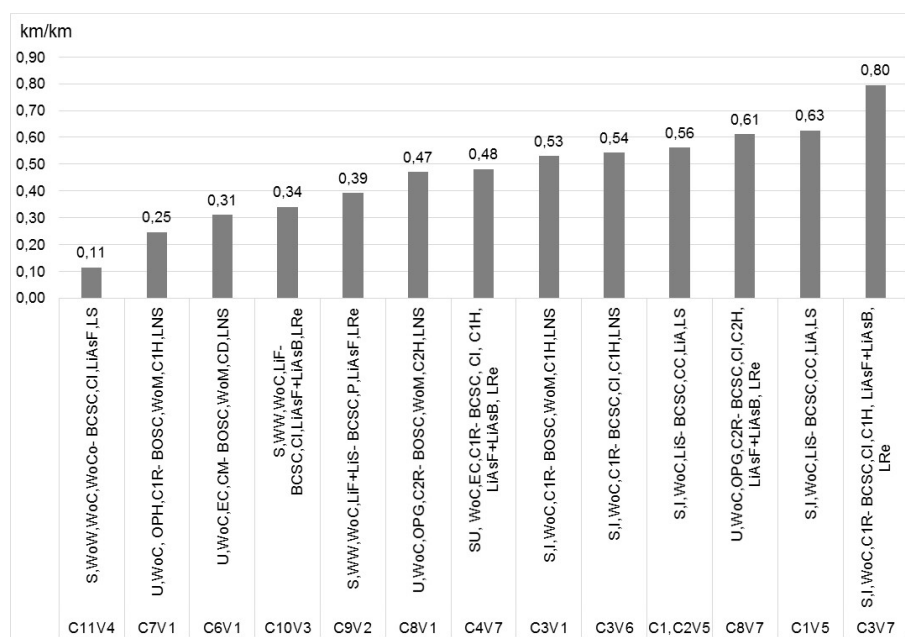


Figura V-89: Indicadores ISO.28 – Coeficiente de concentração do circuito

Em circuitos de uma volta, quando mais próximo estiver da unidade o resultado para este indicador, mais “concentrado” é o circuito, isto é, mais próxima está a zona de serviço do parque de viaturas e central de tratamento. Assim, o sistema com os circuitos mais concentrados é o sistema semi-automático C3V7, seguido do sistema automático C1V5. Os circuitos menos concentrados são os do sistema C11V4, que não resulta especificamente do facto de estarem afastados da central de tratamento ou do parque de viaturas, mas essencialmente de serem circuitos que fazem sempre mais do que uma volta por circuito, fazendo por vezes três. Este indicador não é um indicador de *benchmarking* nem de monitorização, sendo no entanto útil para contextualizar resultados de indicadores que utilizem dados relativos a tempos e distâncias totais dos circuitos.

ISO.29) Peso percentual do tempo efectivo de recolha no total do circuito (Indicadores de planeamento)

Outro indicador que pode ser calculado, semelhante ao factor de concentração mas relativo aos tempos, é o quociente entre o tempo efectivo de recolha e o tempo total do circuito, cujos resultados se apresentam na Figura V-90, para circuitos de uma e de duas voltas.

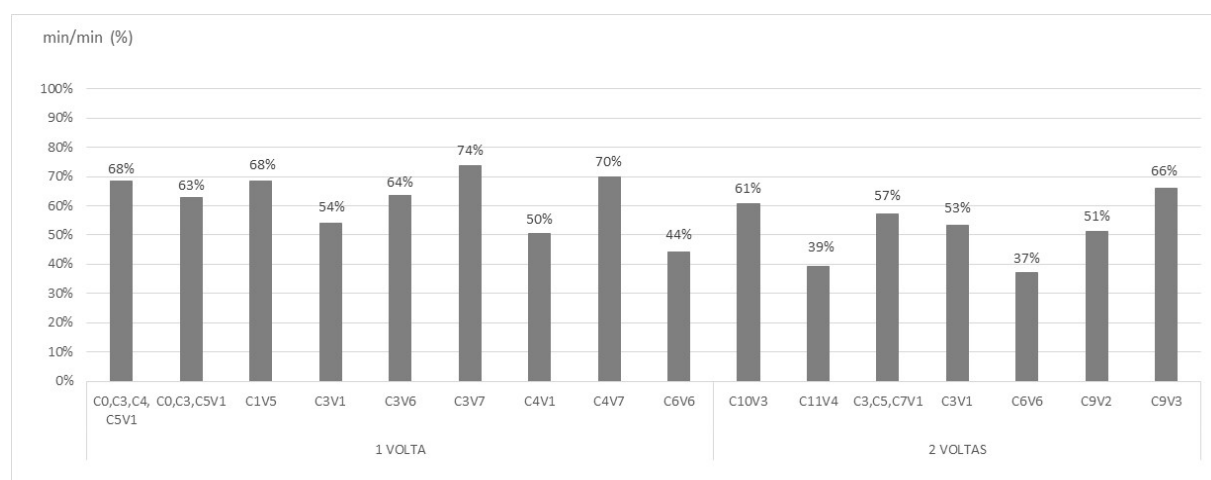


Figura V-90: Indicador ISO.29 – Peso percentual do tempo de recolha efectiva no circuito

Concluindo, a fase de recolha efectiva, para além de ser a que pesa mais no total do circuito sendo muito mais evidente na análise de tempos, é também a que permite a comparação entre sistemas, uma vez que é a fase onde as questões geográficas e locais de organização do serviço menos pesam, permitindo a comparação da *performance* de sistemas analisando os tempos e distâncias de recolha efectiva aferidos à quantidade recolhida (em peso e volume), cujos resultados já foram apresentados. Estes resultados são coincidentes com os dados bibliográficos. De facto, o tempo médio de recolha efectiva indicado em Karadimas, Papatzelou e Loumos (2007) é de cerca de 61% do tempo total, sendo o tempo de transporte apenas de 39%.

Para além do calculo deste indicador, importa referir que no âmbito deste trabalho se analisaram-se os pesos percentuais das cinco fases dos circuitos de recolha definidas por Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) listadas no capítulo II.4.2, produtivas e não produtivas, quer em termos de distâncias quer em termos de tempos, distinguindo os circuitos de uma e de duas voltas, que apesar de não permitirem fazer *benchmarking* entre sistemas, dão uma ideia global dos circuitos monitorizados, podendo assim contextualizar alguns resultados. Esta análise, cujos dados se detalham no Anexo AV, apresenta-se nos gráficos das Figura V-91 (em distância) e Figura V-92 (em tempo).

Desta análise resultou que a distância efectiva de recolha se aproxima muita da distância de transporte nos circuitos de duas voltas (33 e 36% respectivamente). A distância “de e para parque” segue-se logo a seguir com 30% do total, o que não acontece na análise de tempos, onde representa apenas 11%. A distância transporte tem assim um peso grande no circuito, especialmente nos circuitos com duas voltas, devendo portanto ser minorada na optimização de circuitos, isto é, o ponto óptimo de retorno à central, para descarga, pode e deve ser diferente do ponto em que a viatura está 100% cheia. Nos circuitos de uma volta, a distância de transporte contribui com 13% no total, destacando-se nestes circuitos largamente a distância de recolha efectiva (54%).

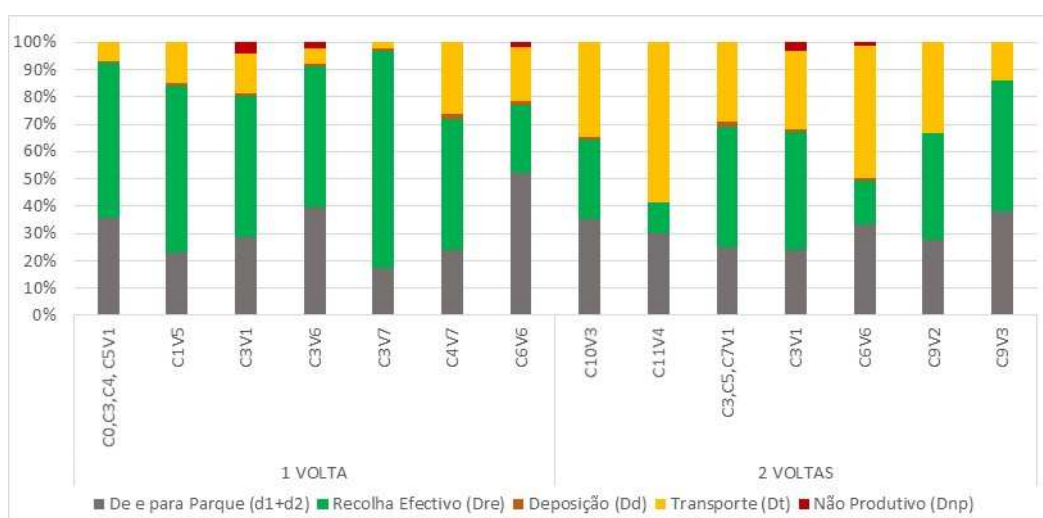


Figura V-91: Peso percentual das fases dos circuitos de recolha em distância

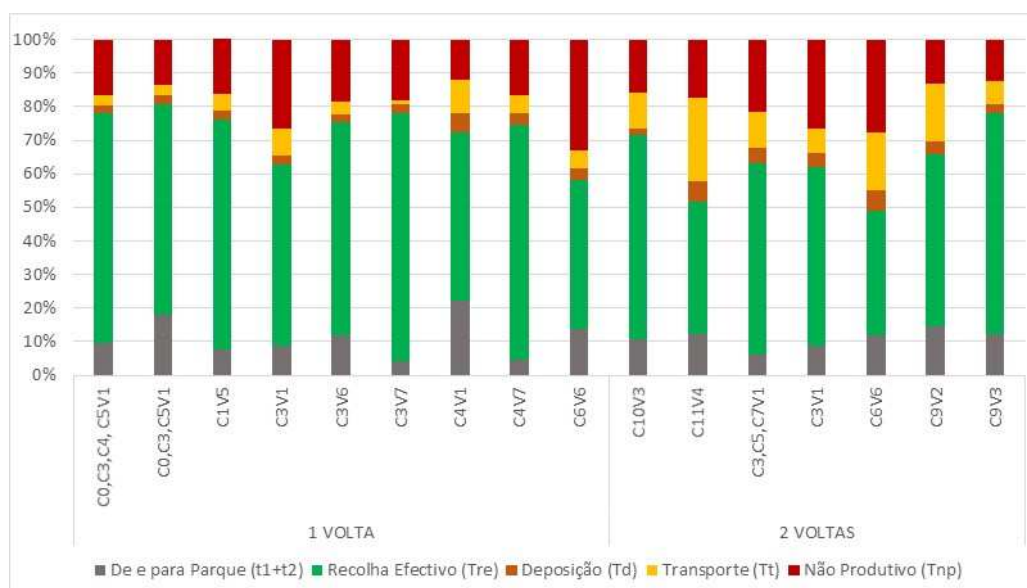


Figura V-92: Peso percentual das fases dos circuitos de recolha em tempo

Concluiu-se também, que a operação de deposição na estação de tratamento, apesar de representar a menor fatia no total do circuito (em tempo e distância) não deve ser desprezada na análise global dos circuitos (operacional e financeira), porque representa 3 a 4% do tempo total, sendo assim um dado de input obrigatório na optimização de circuitos.

Finalmente, no que respeita às operações/fases não produtivas, verifica-se as distâncias não produtivas são desprezáveis (as pausas eram realizadas na sua maioria no percurso, sem desvios, ou mesmo dentro da viatura pelo que se desprezaram os pequenos desvios pontuais para ir a um café). Daqui resulta que para aferir os custos desta fase, necessita-se apenas de partir do custo/hora de recursos humanos, simplificando a análise. Analisando o peso percentual que o tempo total não produtivo (somatório dos tempos de registos, de pausa, de abastecimentos, entre outros) tem no tempo de recolha efectivo do circuito, verifica-se que o tempo não produtivo varia entre 12 e 33%, tendo assim um peso muito representativo no circuito, mas que varia com o planeamento dos serviços por parte das entidades gestoras.

ISO.30) Consumo médio de combustível aos 100 km (Indicador de benchmarking e monitorização)

Este indicador resulta das médias anuais dos consumos de combustível por viatura, podendo ser calculado por viatura e circuito, em função dos objectivos definidos. Os valores dos consumos médios de gasóleo por cem quilómetros são apresentados por tipo de viatura e peso máximo legal, na Figura V-93, incluindo também os consumos das viaturas de lavagem de contentores, com as referências V8 e V9 (elevador de carga traseira elevador automático de carga lateral, respectivamente - Tabela V-7).

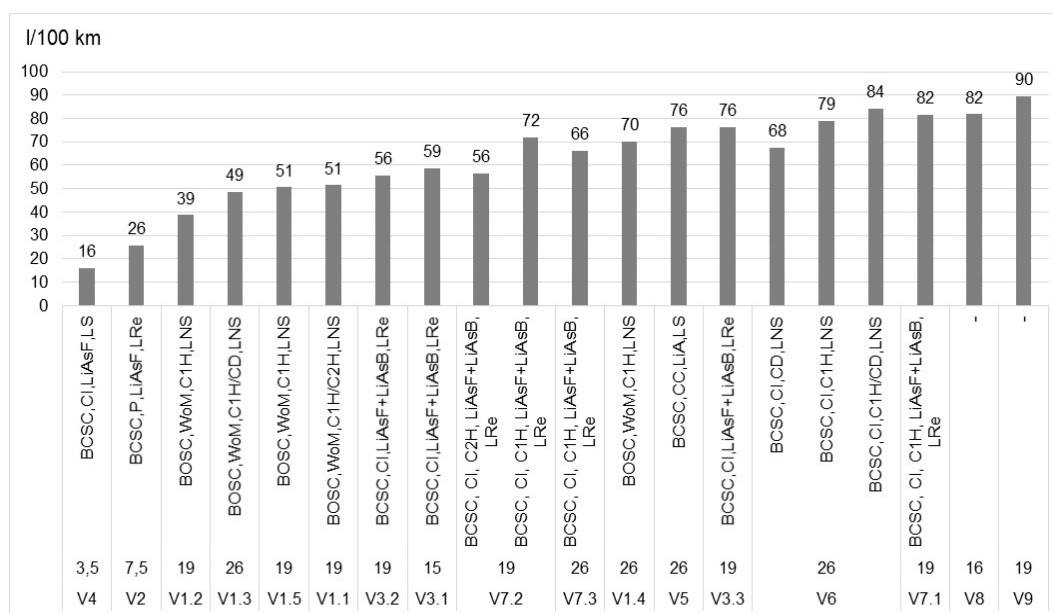


Figura V-93: Indicador ISO.30 – Consumo médio de gasóleo por tipo de viatura

Apesar de sofrer influência da orografia e tráfego da zona de serviço e até do tipo de condução do motorista, este indicador pode permitir comparar os consumos dos diferentes tipos taxonómicos de viaturas, pelo que constitui um indicador de *benchmarking*.

De facto, verifica-se que as viaturas de menor peso legal, que são as duas viaturas satélite V4 e V2, são as que menores consumos têm, o que seria expectável, confirmando-se de forma genérica a influência do peso legal nestes resultados. Deve no entanto destacar-se o baixo consumo registado pela viatura de 26 toneladas, V1.2, de caixa aberta com grua, assim como os elevados consumos das viaturas de 19 toneladas compactadoras com elevador de carga lateral e grua, *BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe*. De facto, este último resultado resulta do tipo taxonómico da viatura, e não do peso legal, uma vez que são viaturas em que o chassis tem que suportar um compactador com elevador traseiro de grandes dimensões (tremonha alargada adaptada a contentores subterrâneos) e ainda uma grua. Também o tipo taxonómico *BCSC, CI, CD/C1H, LNS* se destaca pelos elevados consumos - (são viaturas *multilift*, onde o peso do conjunto do sistema de gancho, do compactador móvel e grua é considerável, assim como a viatura *BCSC, CC, LiA, LS* - viatura com um compactador de grande capacidade, equipada com elevador de carga lateral robotizado.

São as viaturas cisterna de lavagem de contentores as que maiores consumos de combustível apresentam, com valores que chegam aos 90 l aos 100 km, no caso das viaturas de lavagem com elevador automático de carga lateral.

Para as viaturas a gás natural utilizadas em Lisboa, *BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe* (V3.3), de 19 toneladas, o valor do consumo médio obtido é de 76 m³/100km.

Concluindo, como seria de esperar o peso bruto legal das viaturas tem uma clara influência nos consumos, mas é possível identificar tipos taxonómicos de viaturas que envolvem um consumo de combustível superior, nomeadamente as viaturas de recolha *BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe*, e *BCSC, CI, CD/C1H, LNS*. Para além de um indicador de *benchmarking*, considerando as diferenças registadas e o peso que o combustível tem na gestão deste serviço, este é também um dado de input imprescindível na avaliação de custos do serviço.

ISO.31) Consumo médio de combustível por tonelada recolhida (Indicador de benchmarking e monitorização)

Este indicador resulta do quociente entre o número de litros de gasóleo ou metros cúbicos de gás natural comprimido consumidos (calculado pelo produto da média aos 100 km com a distância percorrida) e a quantidade média recolhida por circuito e sistema, sendo apresentado em litros (Figura V-94) ou metros cúbicos por tonelada (Figura V-95).

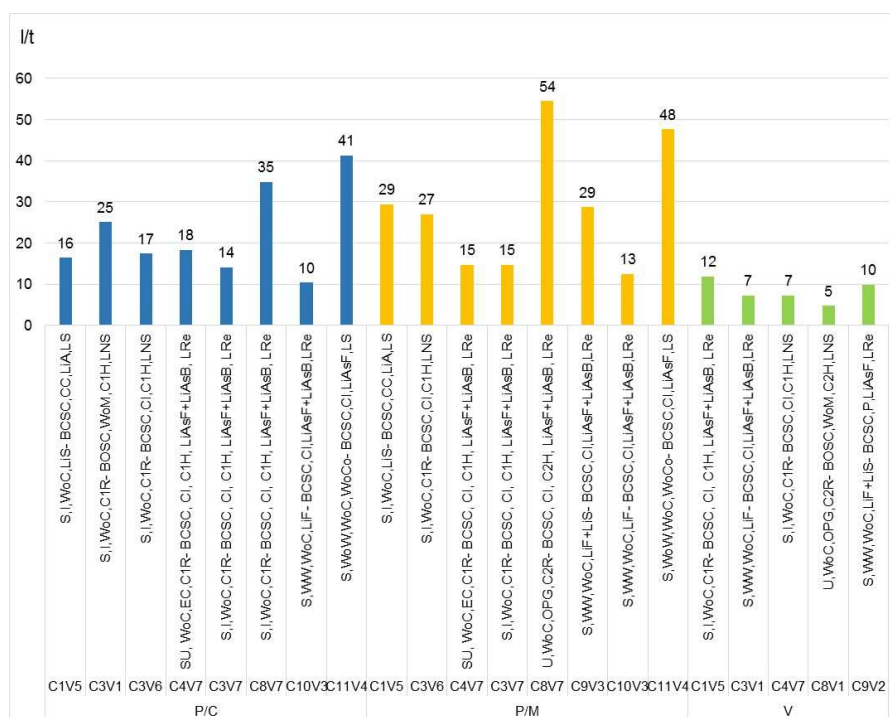


Figura V-94: Indicador ISO.31 – Consumo médio de gasóleo por tonelada

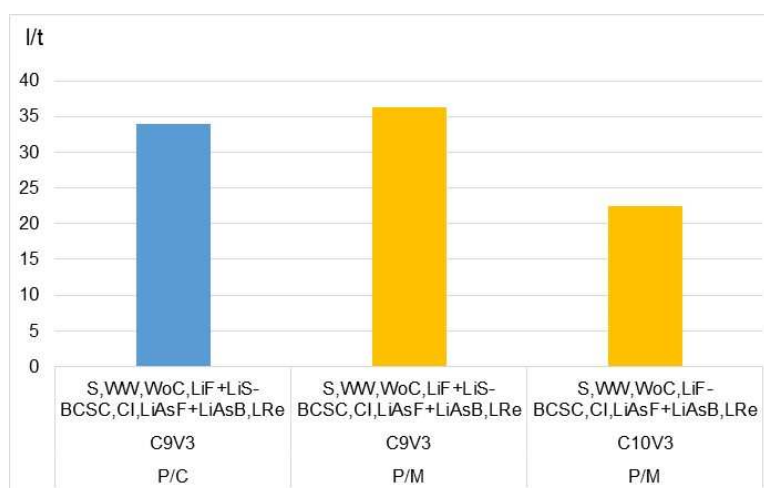


Figura V-95: Indicador ISO.31 – Consumo médio de GNC por tonelada

A viatura que se destaca em termos de consumo de combustível (gasóleo) por tonelada recolhida é a V4 (satélite de recolha lateral), no sistema de recolha de porta-a-porta de sacos, com valores de 41 e 48 l/t recolhida de papel/cartão e plástico/metall, respectivamente. Segue-se a viatura V7 (compactadora de carga traseira com grua) no sistema de recolha de subterrâneos com plataforma a

gás, em Cascais, com valores de 35 e 54 l/t recolhida nos circuitos papel/cartão e plástico/metálico. A viatura com consumos menores é a compactadora com elevador de carga traseira utilizada no sistema de recolha porta-a-porta de contentores de duas rodas, com consumos de apenas 10 e 13 l/t recolhida de papel/cartão e plástico/metálico, respectivamente. Os valores mais baixos são naturalmente registados nos circuitos de vidro, devido aos maiores valores de pesagens, destacando-se com o maior consumo a viatura com elevador automático de carga lateral, com 10 l/t.

No caso das viaturas a gás natural, verifica-se que a viatura compactadora de carga traseira apresenta valores maiores para este indicador nos circuitos de recolha de recipientes de 1000 l para deposição colectiva, do que nos sistemas de recolha de contentores de duas rodas porta-a-porta (C10V3), contrariando assim o que seria previsível, uma vez que se associa geralmente consumos maiores aos sistemas de recolha porta-a-porta.

ISO.32) Dimensão da equipa de recolha (Indicador de benchmarking)

Para além do consumo de gasóleo, também os recursos humanos tem uma influência determinante nos custos do serviço de recolha. Assim, um dos indicadores de *benchmarking* definidos foi a dimensão da equipa por sistema de recolha, que se apresenta na Figura V-96.

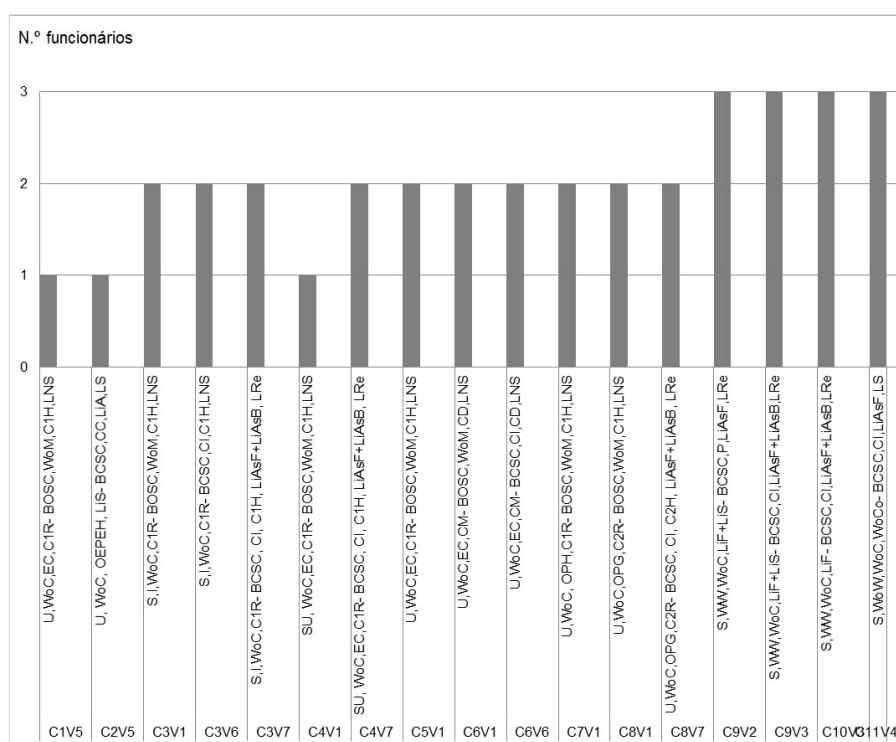


Figura V-96: Indicador ISO.32 – Número de funcionários por sistema de recolha

Naturalmente que o número de funcionários depende da política de gestão de recursos humanos das entidades gestoras, mas da análise do gráfico acima resulta que são os sistemas manuais que obrigam a recorrer a equipas maiores, podendo ter três (como é o caso do sistema monitorizado em Lisboa), ou mais elementos. Também os sistemas assistidos obrigam a equipas com uma dimensão mínima de três elementos (um motorista e dois cantoneiros).

Os sistemas semi-automáticos utilizam geralmente equipas de dois elementos, podendo utilizar apenas um, se o motorista estiver habilitado para manusear a grua, que assim é obrigado a sair da viatura, como é o caso do sistema C4V1 (este caso corresponde a circuitos realizados por um prestador de

serviços, que utilizava equipas de apenas um motorista para este sistema, enquanto que no caso dos circuitos realizados directamente com meios próprios, para o mesmo sistema, se utilizam dois elementos).

Finalmente, os sistemas automáticos são sistemas mono-operador, isto é, utilizam apenas o motorista, dispensando os cantoneiros, o que representa uma poupança muito considerável nesta parcela de custos da gestão do serviço.

V.3.3.2 INDICADORES FINANCEIROS

ISRF.1) Custo anual de aquisição do recipiente por unidade de peso (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta do quociente entre o custo de aquisição do conjunto de três recipientes (ou dois, no caso dos sistemas porta-a-porta de Lisboa) que constituem o “ecoponto” com o peso líquido máximo de resíduos que o ecoponto consegue armazenar. Os resultados deste indicador apresentam-se na Figura V-97.

Da análise do gráfico, verifica-se que os recipientes de superfície com apoios para elevador de carga traseira (C10 e C9), os de superfície com argola simples para grua (C3) e os de superfície com apoios para elevador de carga lateral (C1), têm todos com um custo anual por quilograma inferior à unidade.

Os equipamentos com custo intermédio (entre 1,5 e 2,5 €/kg) são os semi-subterrâneos (C4), e os subterrâneos compactos (C5 e C6), e de plataforma (C7 e C8). Os equipamentos com os valores mais elevados para este indicador são os sacos (C11) e os recipientes subterrâneos de plataforma com recipiente para elevador automático de carga lateral (C2), com valores acima de 4 €/kg, que resulta em ambos os casos do valor elevado para o custo de aquisição, pelos motivos já abordados.

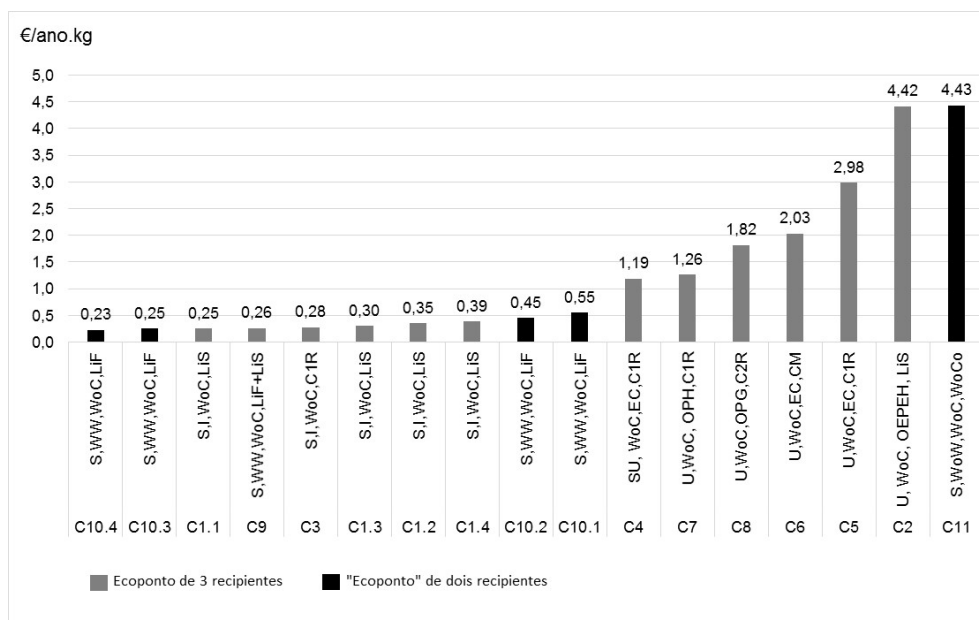


Figura V-97: Indicador ISRF.1 – Custo anual de aquisição do ecoponto por unidade de peso

ISRF.2) Custo anual total do recipiente por unidade de peso (Indicador de benchmarking)

O indicador ISRF.2 resulta do quociente entre o somatório dos custos anuais de aquisição e de manutenção (custos totais) do conjunto dos recipientes que constituem o ecoponto, e o peso líquido

máximo (indicador ISO.2). Os resultados apresentam-se na Figura V-98.

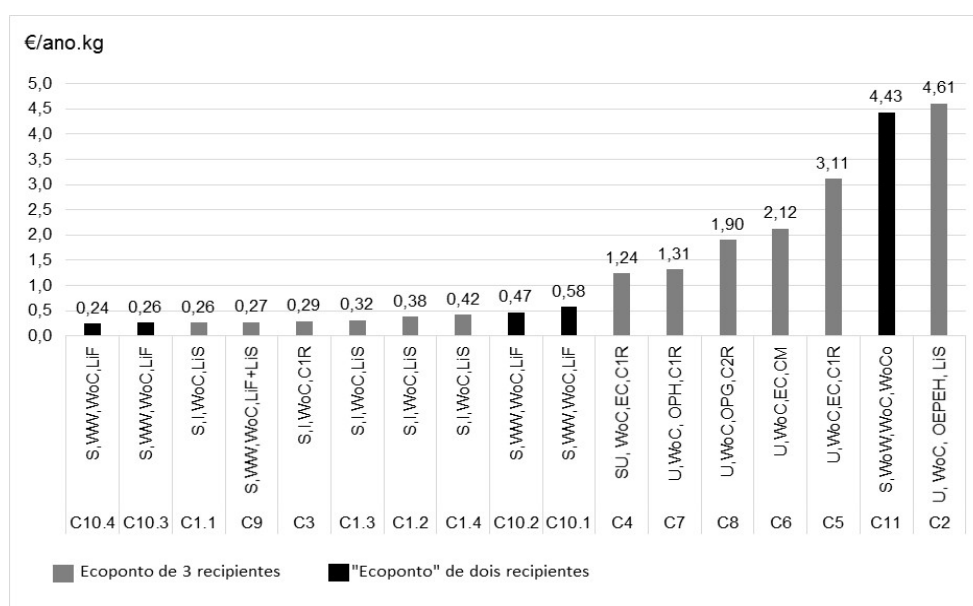


Figura V-98: Indicador ISRF.2 – Custo anual total do recipiente por unidade de peso

A análise em termos relativos dos resultados deste indicador é a mesma do indicador anterior, sendo os valores ligeiramente superiores, fruto do somatório dos custos de manutenção.

O indicador permite concluir que custo total anual aproximado de um ecoponto para uma entidade gestora varia entre um mínimo de 0,24 €/ano.kg, para os contentores de superfície de duas rodas com 360 l, C10.4, onde o ecoponto é constituído apenas pelo recipiente do papel/cartão e do plástico/metal, e o máximo de 4,61 €/ano.kg, para os subterrâneos com plataforma e recipientes para carga lateral robotizada, C2.

Ao contrário do que seria expectável, não são os recipientes subterrâneos os mais caros, quando o custo é aferido à capacidade de armazenamento dos mesmos. De facto, excluindo o equipamento C2, são os sacos os recipientes mais caros, por serem consumíveis. Com valores intermédios estão os subterrâneos e naturalmente com valores mais baixos estão os equipamentos de superfície, tendo os recipientes de duas rodas de menores capacidades valores mais elevados que os recipientes utilizados na carga automática lateral, que são muito mais caros (preço unitário e manutenção), mas compensam com a maior capacidade.

Se se pretender fazer uma análise por recipiente (em vez do ecoponto), então o indicador resultará do quociente do custo anual total unitário (aquisição e manutenção) com o peso líquido máximo para cada fluxo de resíduos que o recipiente consegue armazenar, apresentando-se os resultados na Figura V-99, Figura V-100 e Figura V-101.

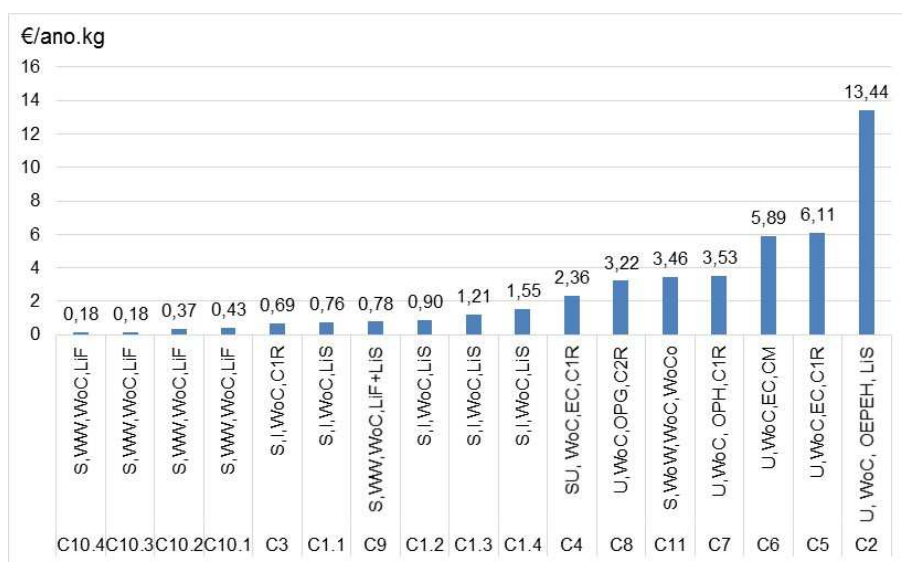


Figura V-99: Indicador ISRF.1 – Custo anual total do recipiente para papel/cartão por unidade de peso

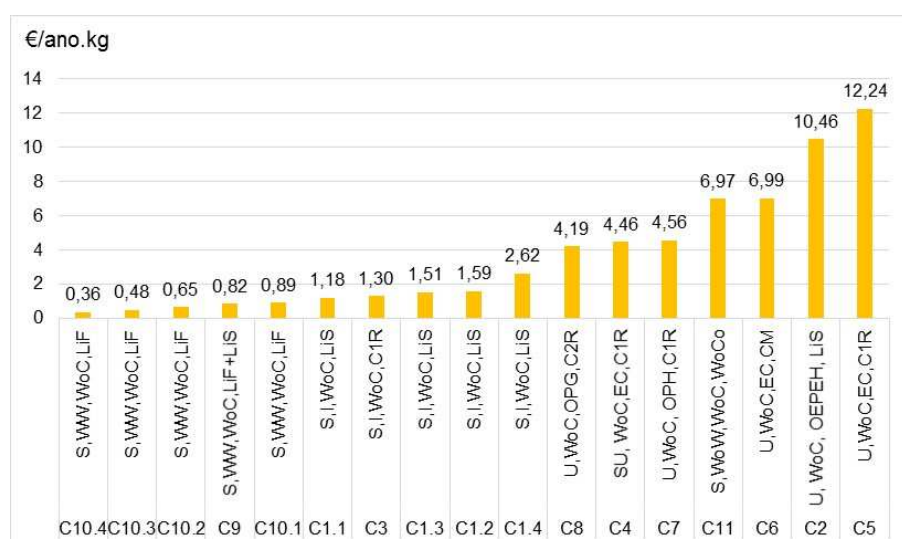


Figura V-100: Indicador ISRF.1 – Custo anual do recipiente para plástico/metálico por unidade de peso

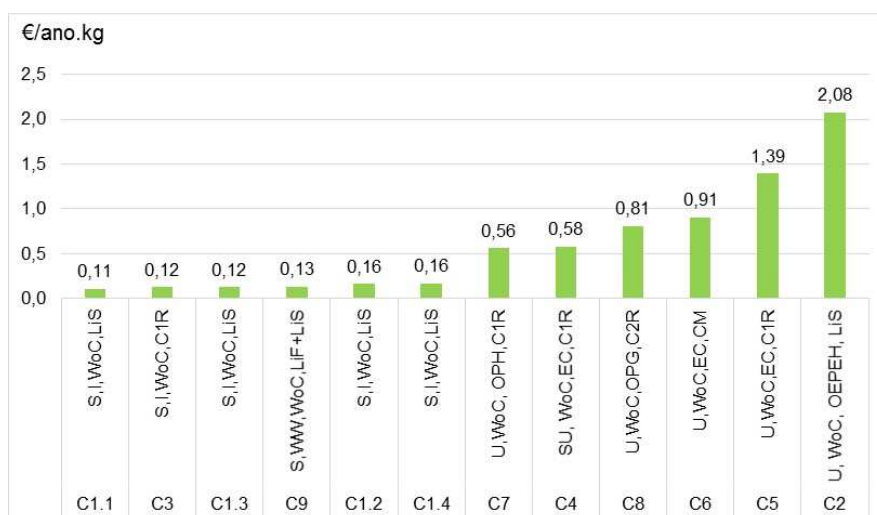


Figura V-101: Indicador ISRF.1 – Custo anual do recipiente para vidro por unidade de peso

Da análise dos gráficos da Figura V-99 e Figura V-100, confirma-se a mesma tendência registada no indicador calculado para o ecoponto, com bons resultados para os contentores de superfície com apoios para elevador de carga traseira C10 e C9, assim como para os de superfície com argola simples para grua C3, seguidos de perto pelos recipientes de superfície com apoios para elevador de carga lateral. O custo anual por unidade de peso varia, no papelão, entre 0,2 e 13,4 €/kg, enquanto no embalão varia entre 0,4 e 12,2 €/kg. No caso dos vidros (Figura V-101), os valores variam entre os 0,1 e os 2,1 €/kg, com os melhores resultados a serem obtidos também nos contentores C1, C3 e C9. Com valores maiores, e para os três fluxos de resíduos, destacam-se os subterrâneos de plataforma com contentores para recolha lateral automática, C2 e os subterrâneos compactos C5.

ISVF.1) Custo anual de aquisição da viatura por unidade de peso (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta do quociente entre o custo de aquisição da viatura com o peso líquido máximo legal de resíduos na viatura (indicador IVO.2), de acordo com os resultados que se apresentam na Figura V-102.

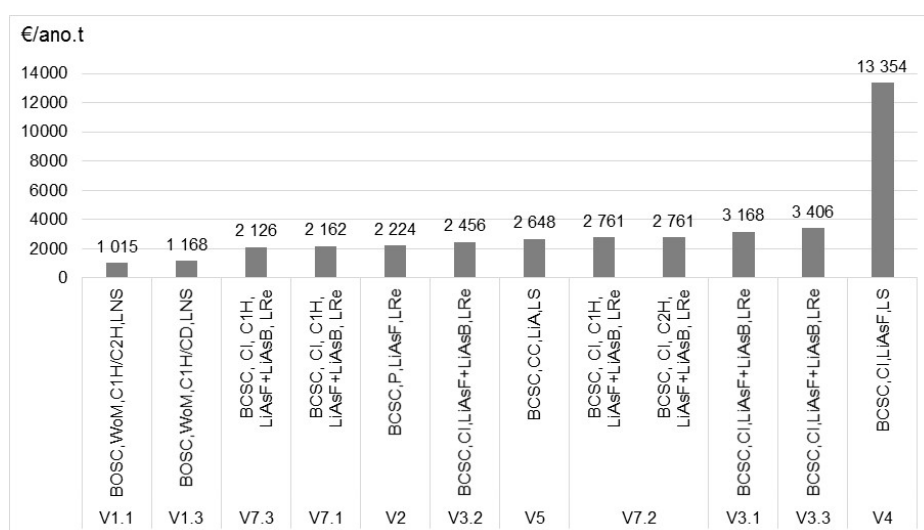


Figura V-102: Indicador ISVF.1 – Custo anual de aquisição da viatura por unidade de peso

Depois de excluídas as viaturas alugadas (custos não comparáveis), da análise deste gráfico verifica-se que a viatura com o valor mais alto, de longe, é a satélite com compactação e elevador de carga lateral, V4, devido ao reduzido peso líquido máximo legal (apenas meia tonelada). As viaturas com valores mais favoráveis (inferiores a 2.000 €/t) são as viaturas V1, de caixa aberta com grua, que conjugam os valores baixos de aquisição com o peso líquido maior. De referir a variação das viaturas compactadoras com elevador traseiro e grua, que obtêm valores dispares neste indicador, em função das diferenças no peso líquido máximo legal. A viatura V2 (satélite com grade e elevador de carga traseira) tem valores intermédios apesar do baixo peso líquido, porque tem um valor de aquisição anual baixo.

ISVF.2) Custo total anual da viatura por unidade de peso (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta do quociente entre o somatório do custo de aquisição e de manutenção (preventiva) e o peso líquido máximo legal da viatura (indicador IVO.2), sendo apresentado em euros por ano e por tonelada nos gráficos da Figura V-103, incluindo todas as viaturas da área de estudo, ou Figura V-104, onde se excluíram as viaturas alugadas de Sintra.

Da análise da Figura V-103, verifica-se que a viatura com o valor mais alto, de longe, é a V4, devido ao reduzido peso líquido máximo. As viaturas de caixa aberta V1.2 e V1.5 seguem-se, que não seria expectável, uma vez que são viaturas que têm custos de aquisição e manutenção baixos e porque existem viaturas da mesma tipologia com os valores mais baixos para o indicador. Depois de analisados os dados base, verificou-se que as viaturas V1.2 e V1.5 são alugadas, enquanto as V1.1 e V1.3 foram compradas pela entidade gestora.

Esta observação levou a fazer uma análise distinta deste indicador em função do tipo de aquisição, considerando que se conclui que não são valores comparáveis. Da análise da Figura V-104, onde foram excluídas as viaturas alugadas, mantém-se o valor muito elevado para a viatura V4, que se destaca claramente das restantes. Confirma-se então que as viaturas de caixa aberta com grua são o tipo taxonómico com valores mais baixos para este indicador, sendo assim as mais interessantes, mesmo sem serem compactadoras, quando o factor limitante na optimização do circuito é o peso. As viaturas compactadoras com elevador traseiro, ou com grua e elevador traseiro, V3 e V7, têm valores intermédios, entre os 3000 e os 5000 €/ano.t, em conjunto com a viatura compactadora com elevador automático de carga lateral.

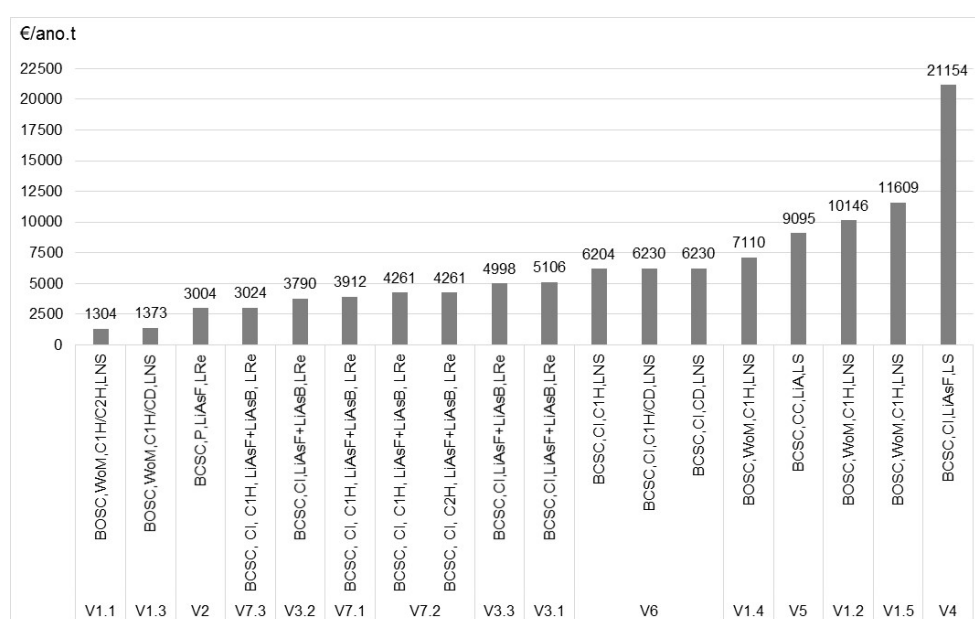


Figura V-103: Indicador ISVF.2 – Custo total anual da viatura por unidade de peso

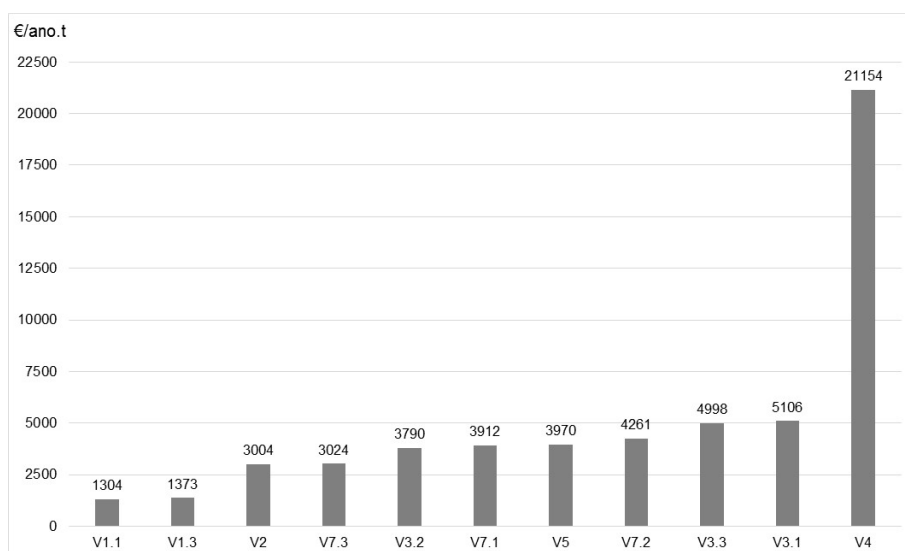


Figura V-104: Indicador ISVF.2 – Custo total anual da viatura por unidade de peso (excluindo as viaturas alugadas)

A análise deste indicador, em conjunto com o ISRF.2, reflecte os custos totais que cada unidade de peso (que os recipientes e viaturas conseguem armazenar) custa por ano à Entidade Gestora do serviço de recolha, permitindo assim uma rápida avaliação de *benchmarking* entre equipamentos.

ISSF.1) Custo de aquisição do sistema (Indicador de orçamentação)

Os resultados para o custo de aquisição do sistema, que resultou do somatório do custo anual de aquisição do número de contentores recolhidos num circuito de recolha (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) multiplicado por três (para obter o custo do ecoponto, ou por dois no caso dos sistemas C10V3 e C11V4), com os custos de aquisição da viatura correspondente, apresentam-se na Figura V-105.

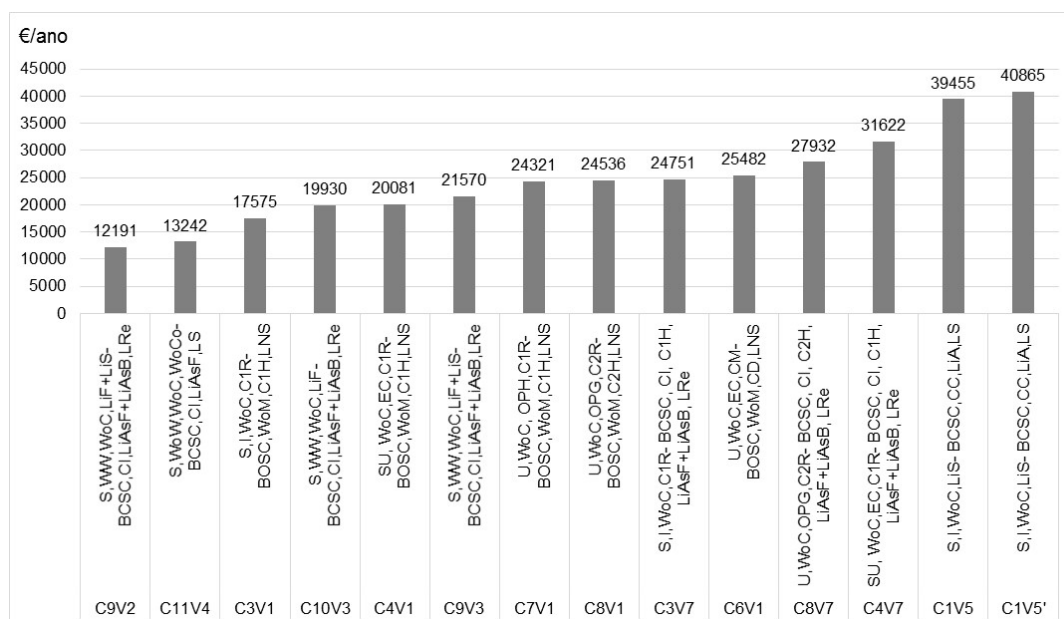


Figura V-105: Indicador ISSF.1 – Custo total de aquisição do sistema.

Este indicador, que permite comparar o valor de investimento necessário para servir uma dada área (com um circuito de dimensão “média”), por sistema, não devolve valores reais, uma vez que, ao contrário dos contentores, uma mesma viatura pode servir diferentes áreas, em diferentes circuitos e turnos.

É assim apenas um indicador de *benchmarking*, que permite concluir que o sistema automático com contentores de superfície e viatura compactadora de elevador automático de carga lateral é o que maior investimento envolve, quer os da área urbana (que utilizam apenas os recipientes de capacidades maiores, C1V5'), quer os da zona “rural” (onde se utilizam contentores de 1000 l adaptados à carga lateral, C1V5). O sistema que devolve valores mais baixos é o sistema de recolha de contentores de superfície de duas rodas e viatura satélite com grade e elevador de carga traseira (C9V2), que apesar de obrigar à instalação de vários contentores, como o seu custo unitário é baixo, a instalação do sistema torna-se a que menos investimento obriga.

As viaturas são a componente do sistema com maior peso no custo, chegando a representar 92% - sistema C4V7, ressalvando-se mais uma vez que, podendo ser utilizadas noutros circuitos, este valor não traduz a realidade. Os sistemas em que os contentores pesam mais são, naturalmente, os subterrâneos, com destaque para o C8V1 e C8V7.

ISSF.2) Custo de manutenção do sistema (Indicador de orçamentação)

O custo de manutenção do sistema resulta do somatório do custo anual de manutenção dos contentores recolhidos num circuito de recolha (número médio de contentores recolhidos por circuito para aquele sistema) com os custos de manutenção anuais da viatura. Este indicador é apresentado em €/ano, na Figura V-106.

Mais uma vez verifica-se que são os sistemas de recolha automatizada que maiores custos de manutenção envolvem. Na outra extremidade estão os sistemas de recolha de contentores de superfície ou subterrâneos, que utilizam viaturas de recolha de caixa aberta com grua, concluindo-se que os custos de manutenção das viaturas são determinantes no valor global.

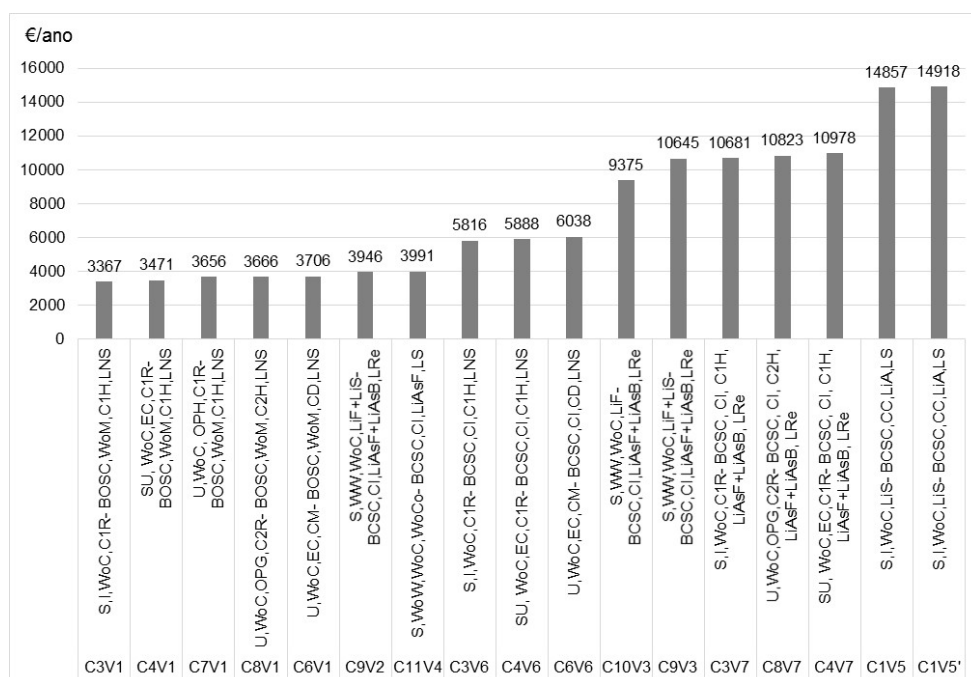


Figura V-106: Indicador ISSF.2 – Custo total de manutenção do sistema.

ISSF.3) Custo total do sistema (Indicador de orçamentação)

O custo total do sistema resulta do somatório do custo anual de aquisição do sistema (indicador ISSF.1) com o custo anual de manutenção do sistema (ISSF.2), que se apresenta na Figura V-107.

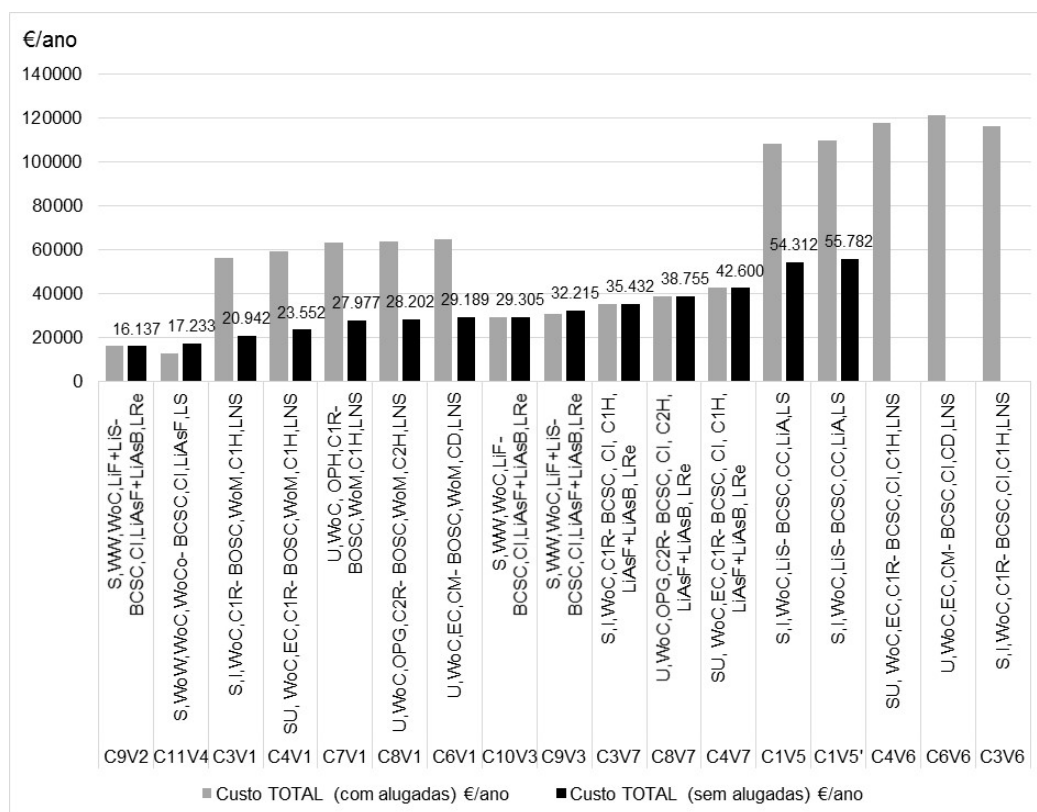


Figura V-107: Indicador ISSF.3 – Custo total do sistema (para contentores de um circuito “médio” e viatura).

Este indicador reflecte os custos totais que a Entidade Gestora do serviço de recolha teria que suportar, em absoluto, para ter o sistema em questão a funcionar, num circuito de dimensão “média”, sem considerar a rentabilização da viatura noutros serviços: os valores estão assim sobrestimados, mas permitem um rápido *benchmarking* de custos entre diferentes sistemas de recolha (são valores comparáveis, em termos relativos).

Observando os resultados, o sistema com menor custo total é o sistema assistido C9V2 e o sistema manual C11V4, o que se justifica por serem sistemas com o menor custo de viatura (satélite de recolha lateral). Em coerência com os resultados anteriores, o sistema com o valor superior é o sistema automático C1V5.

Considerando que habitualmente se instala o mesmo sistema para os diferentes fluxos de recolha selectiva, que seriam recolhidos pela mesma viatura, então, na Figura V-108 apresenta-se o valor do custo total resultante do custo do conjunto de contentores que constitui o ecoponto (três fluxos).

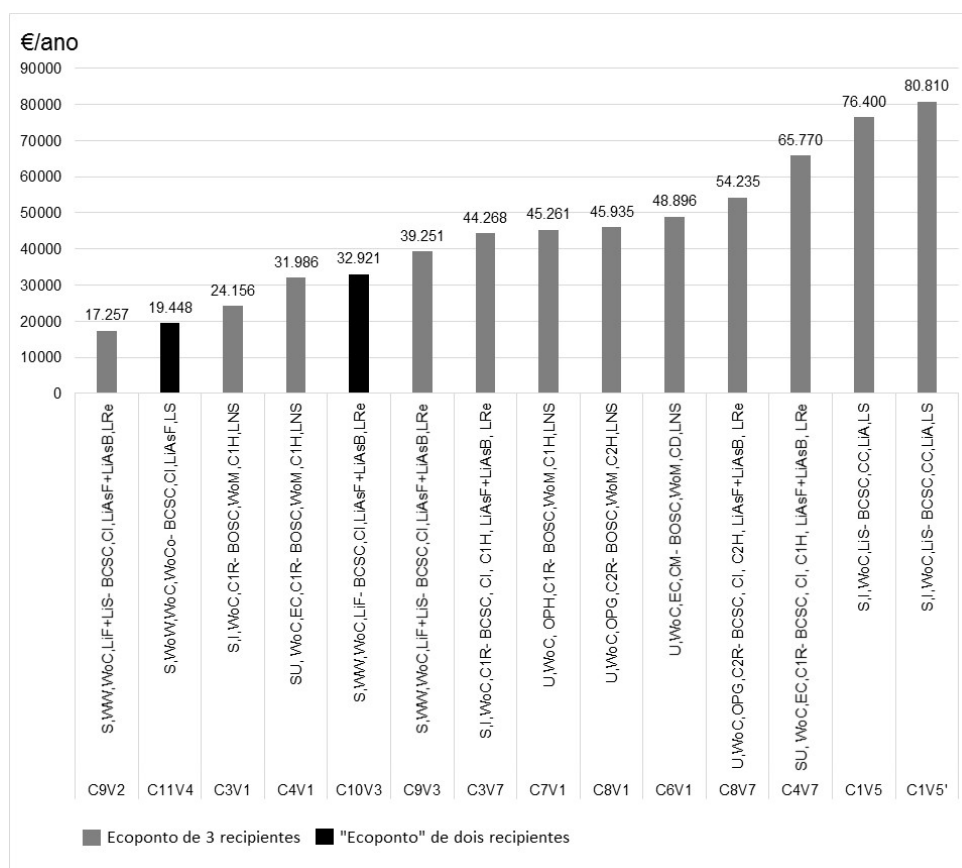


Figura V-108: Indicador ISSF.3 – Custo total do sistema (para ecopontos de um circuito “médio” e viatura).

Da análise deste gráfico conclui-se que os sistemas com valores maiores e menores se mantêm, aumentando apenas os valores apurados, que variam entre os 17 000 €/ano e 80.800 €/ano para instalar um sistema de recolha dos três fluxos de resíduos numa área correspondente à dimensão média de um circuito de recolha (definida pelo número médio de contentores recolhidos por circuito para cada sistema). Ocorrem também algumas alterações na ordem dos sistemas com resultados intermédios, que resultam, entre outras, das diferenças entre os ecopontos (dois ou três unidades).

Mas para obter valores comparáveis, os mesmos devem estar aferidos à tonelada recolhida, que se calcularam para os indicadores que se apresentam a seguir.

ISSF.4) Custo de aquisição do sistema por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Este indicador resulta do quociente entre o custo anual de aquisição do sistema, assumindo o número médio de recipientes para instalar numa área de serviço servida por um circuito, por fluxo de recolha, e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano para esse fluxo de recolha, que resulta da quantidade média de resíduos recolhidos por circuito, para uma frequência de recolha máxima potencial de dois turnos por dia, 6 dias por semana, 52 semanas por ano. Os resultados são apresentados por fluxo de resíduo, na Figura V-109, Figura V-110 e Figura V-111.

Excluindo desta análise os sistemas com viatura alugadas, resulta que os sistemas C8V7, C4V1, C4V7 e C11V4 têm os maiores custos de instalação por tonelada recolhida, quer no papel/cartão quer no plástico/metalo, e o C4V7 no vidro.

O sistema C10V3 é o mais barato por tonelada recolhida em termos globais para os fluxos de

papel/cartão e plástico/metalo, e o C3V1 no vidro, que são sistemas bastante vulgarizados em Portugal (provavelmente resultante do baixo custo e investimento, na ordem dos 10 a 15 €/t). Naturalmente que os custos anuais de aquisição por tonelada recolhida são inferiores no vidro.

Figura V-109: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano:

Papel/cartão

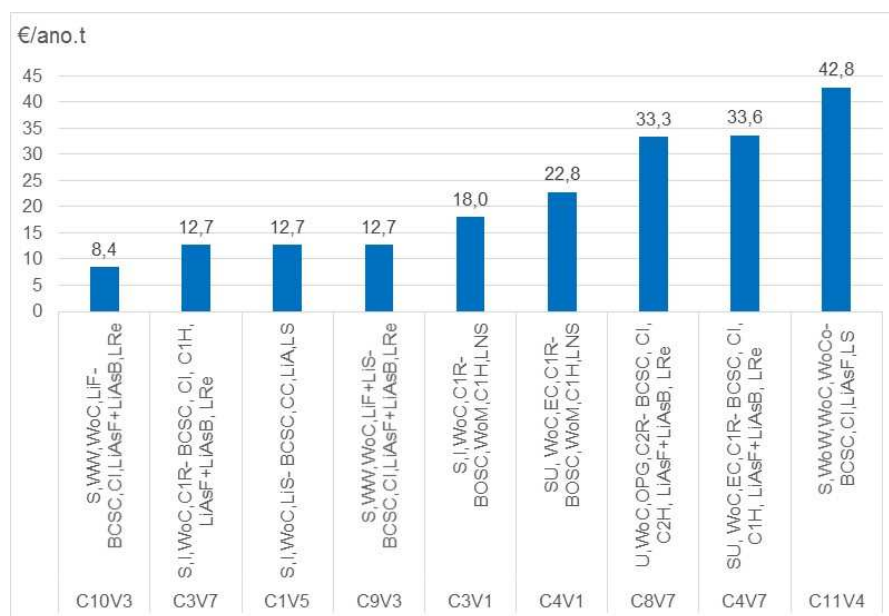


Figura V-110: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano:

Plástico/metalo



Figura V-111: Indicador ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada recolhida/ano:

Vidro

ISSF.5) Custo de manutenção do sistema por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

À semelhança do indicador anterior, este indicador resulta do quociente entre o custo anual de manutenção do sistema e o peso líquido potencial de resíduos recolhidos num ano, cujos resultados, por sistema e fluxo de resíduo, se apresentam na Figura V-112, Figura V-113 e Figura V-114.

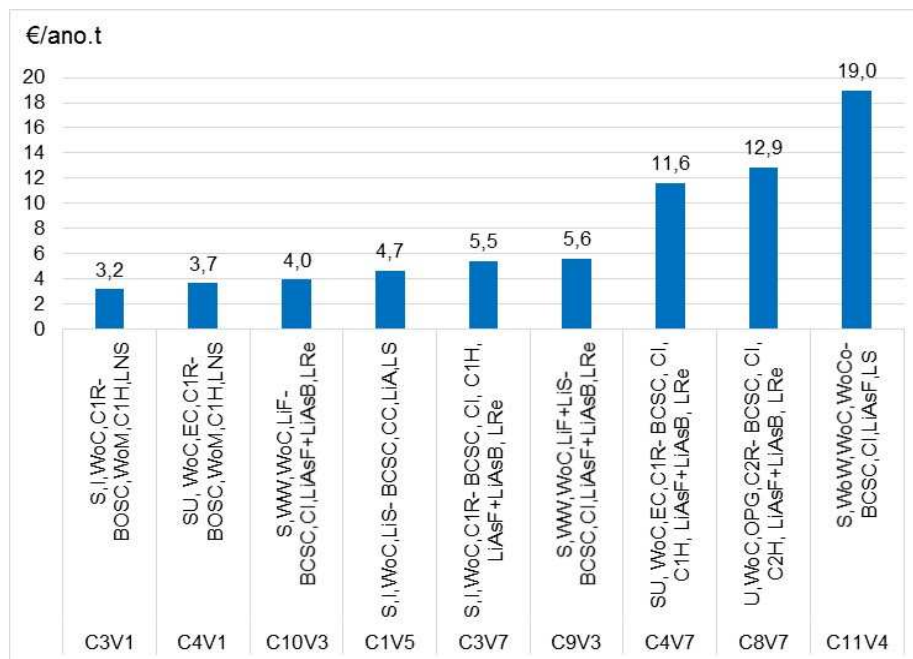


Figura V-112: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida:

Papel/cartão

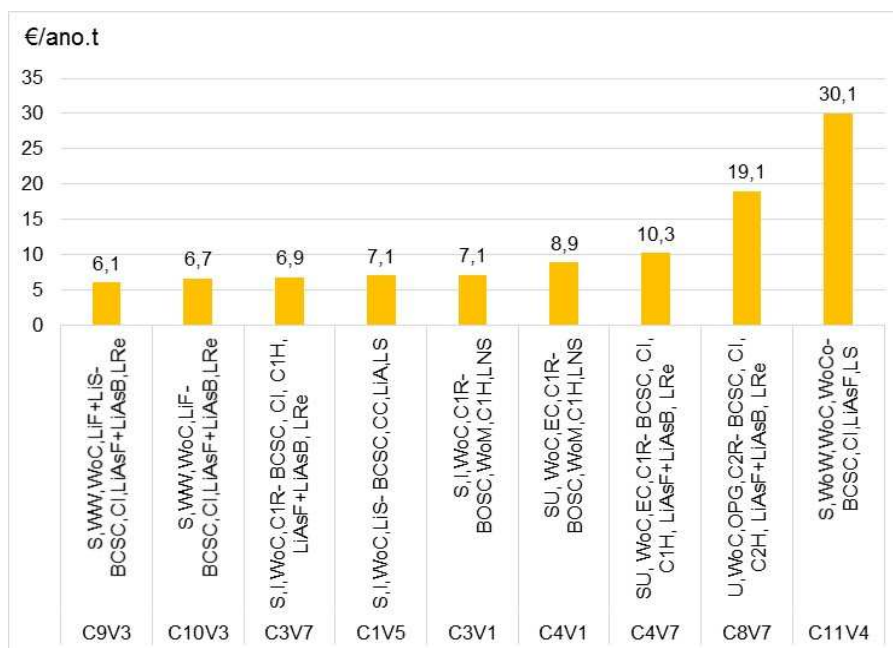


Figura V-113: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida:

Plástico/metal

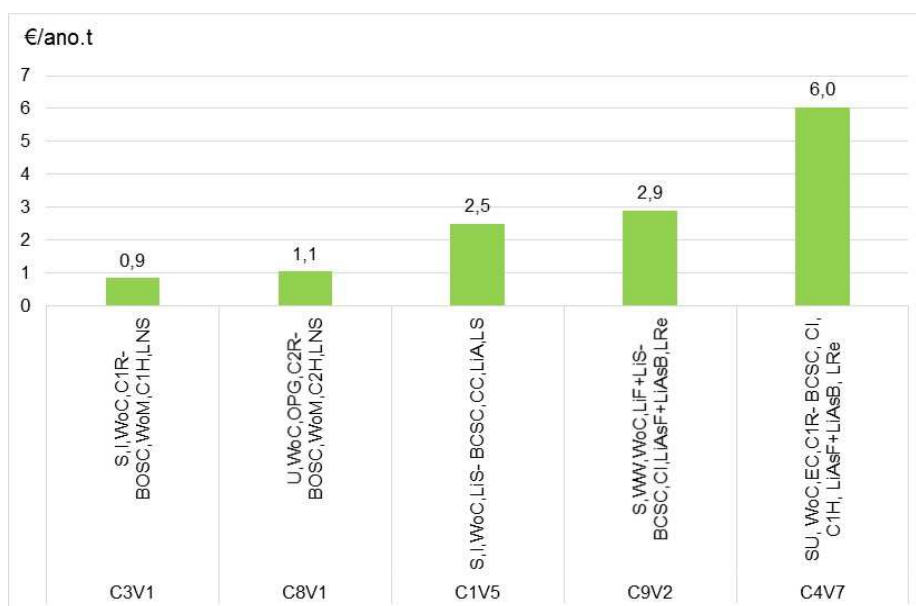


Figura V-114: Indicador ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada recolhida:
Vidro

Da análise dos gráficos resultam custos anuais de manutenção que variam entre 6,1 e 30,1 €/t no caso do plástico/metal, 3,2 e 19,0 €/t no caso do papel/cartão, e entre 0,9 e 6,0 €/t no caso do vidro. Os valores superiores surgem nos sistemas manuais C11V4 e semi-automáticos C8V7, no caso dos fluxos de resíduos compactáveis, com destaque para o fluxo de plástico/metal. Os valores inferiores, no caso do plástico/metal, surgem nos sistemas assistidos C9V3 e C10V3 e no caso do papel/cartão nos sistemas semi-automáticos C3V1 e C4V1.

ISSF.6) Custo com recursos humanos por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Para obter o custo anual com recursos humanos por tonelada recolhida multiplicou-se o custo hora da equipa pela quantidade máxima potencial recolhida (assumindo uma utilização teórica dos meios de dois circuitos por dia, seis vezes por semana, 52 semanas por ano), apresentando-se os resultados por sistema e fluxo de resíduo na Figura V-115 e Figura V-116.

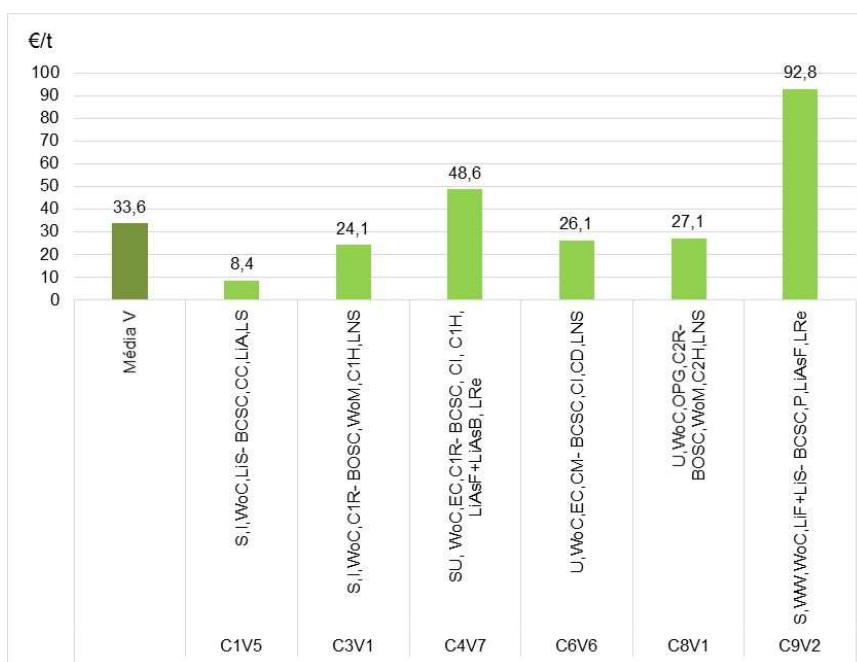


Figura V-115: Indicador ISSF.6 – Custo anual com RH por tonelada recolhida: Vidro

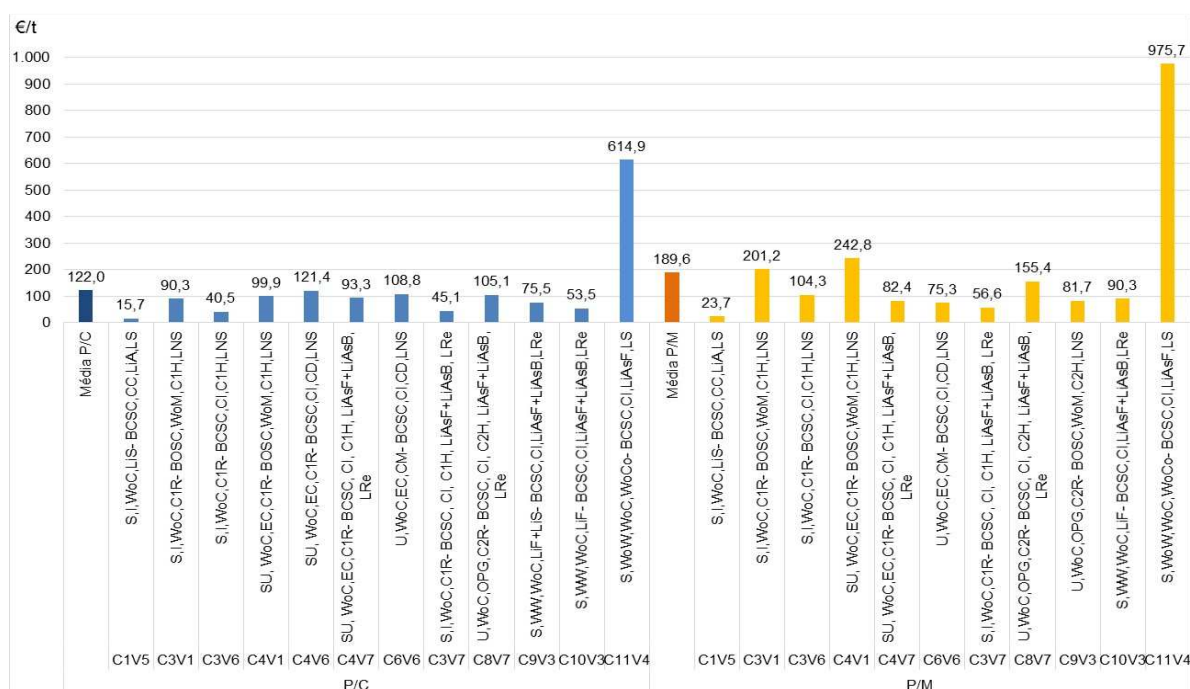


Figura V-116: Indicador ISSF.6 – Custo anual com RH por tonelada recolhida: Papel/cartão (P/C) e Plástico/metal (P/M)

Das duas figuras, conclui-se a enorme variação do custo com recursos humanos por tonelada recolhida, entre um mínimo de 8,36 €/t, para o sistema com melhor resultado na recolha de vidro e um máximo de 975,7 €/t para o sistema com pior resultado na recolha de plástico/metal. Mesmo dentro do mesmo fluxo de resíduo, as diferenças acentuadas de valores entre sistemas é notória, com um valor médio de 122 €/t para os sistemas analisados na recolha de papel/cartão, 190 €/t para o plástico/metal e 34 €/t para o vidro.

Da análise da Figura V-116, destaca-se o sistema manual C11V4 por se tratar de um sistema que usa uma equipa de três elementos e que recolhe pouca quantidade por circuito. Segue-se a uma distância muito considerável, no caso do plástico/metalo, os sistemas semi-automáticos C4V1, C3V1 e o C8V7 - sistemas que, apesar de usarem uma equipa mais reduzida que os sistemas assistidos C9V3 e C10V3, recolhem quantidades menores, pelo que são prejudicados no indicador. O sistema com o valor mais baixo para este indicador é o sistema automático C1V5, como resultado das maiores quantidades recolhidas e baixo custo com recursos humanos (apenas 1 motorista). Para o papel/cartão repete-se a tendência verificada do plástico/metalo, com menores diferenças entre sistemas.

Para o vidro, do gráfico da Figura V-115 destaca-se o sistema C9V2, devido à pequena quantidade recolhida por circuito (viatura satélite) e utilização de uma equipa de três elementos. Segue-se o C4V7 por ser o sistema com equipa de dois elementos com a menor quantidade média recolhida por circuito. O sistema C1V5 destaca-se novamente como o sistema com o menor custo de RH por quantidade recolhida.

ISSF.7) Custo com combustíveis por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Este indicador resulta do quociente entre o produto do consumo médio de combustível com o custo por litro de combustível (custos médios assumidos pelas entidades gestoras, no ano base⁹⁶) e a quantidade máxima potencial. Os resultados são apresentados por sistema e fluxo de resíduo na Figura V-117, cuja análise permite concluir que o custo com combustíveis varia entre os 6 €/t, no caso do vidro para o sistema semi-automático C8V1 e os 61 €/t, na recolha de plástico/metalo com o sistema manual C11V4 e semi-automático C8V7.

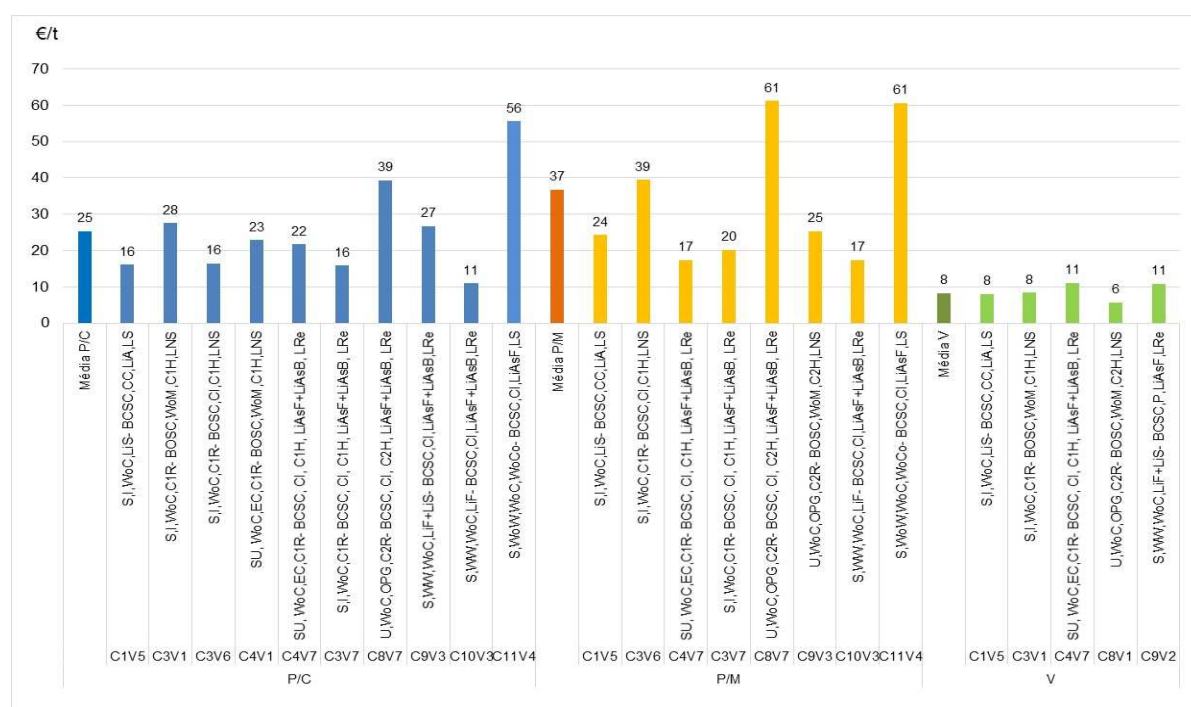


Figura V-117: Indicador ISSF.7 – Custo anual com combustíveis por tonelada recolhida

Naturalmente que neste indicador existem três variáveis principais a influenciar os resultados: o fluxo de resíduo recolhido, a distância percorrida por circuito e o sistema de recolha (em particular, a viatura).

⁹⁶ Assumiu-se 1,19 €/litro para o gasóleo e 0,85 €/l de GNC.

Em relação ao fluxo, no papel/cartão a média do indicador é de 25 €/t, no plástico/metall 37 €/t e no vidro 8 €/t. Nos sistemas destaca-se o sistema manual como o que pior resultado tem, fruto das pequenas quantidades recolhidas, e com melhores resultados o C10V3.

ISSF.8) Custos de exploração do sistema por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Este indicador é calculado pelo quociente entre o somatório do custo tonelada de manutenção (ISSF.5), custo tonelada de recursos humanos (ISSF.6) e custo tonelada de combustível do sistema (ISSF.7). Foram excluídos desta análise os sistemas com viaturas alugadas e os sistemas mistos, cujos resultados se apresentam na Figura V-118.

A análise deste gráfico permite concluir que existe uma enorme diferença nos custos de exploração do sistema manual com sacos, C11V4, que se destaca claramente dos restantes sistemas com o pior resultado, apesar de ter custos anuais em combustível e em manutenção inferiores. Esta diferença justifica-se pela equipa de três elementos que utiliza (tendo assim custos com recursos humanos iguais aos sistemas que utilizam viaturas de grande capacidade) e recolhe muito pouca quantidade de resíduos por circuito (a quantidade potencial para este circuito é de apenas 206 t/ano para o papel/cartão, 130 t/ano para o plástico/metall e 1363 t/ano para o vidro).

O sistema automático C1V5 é o sistema com valores mais baixos neste indicador, apesar de ser o sistema com um valor anual para os custos de exploração superior (mesmo com um valor baixo em recursos humanos, os custos com combustível e de manutenção são superiores aos restantes sistemas), isto porque este valor dos custos de exploração é “compensado” pela quantidade potencial recolhida num ano, que atinge as quantidades de 3166 t/ano para o papel/cartão, 2094 t/ano para o plástico/metall (mais 34% que o sistema em segundo lugar na quantidade recolhida) e 5946 t/ano para o vidro (mais 64% que o segundo sistema). Assim, apesar de se confirmar os elevados custos de exploração do sistema automático de carga lateral, estes custos são depois largamente compensados pela quantidade recolhida, resultando em custos de exploração de 37 €/t para a recolha de papel/cartão, 55 €/t para o plástico/metall e 19 €/t para o vidro.

O sistema semi-automático C3V7, também tem bons resultados, por ser um sistema com custos de recursos humanos intermédios (equipa de dois elementos), custos de combustível e de manutenção também intermédios, e que são equilibrados por uma quantidade potencial de resíduos recolhida relativamente alta (terceira mais alta no total dos sistemas e a mais alta dos sistemas semi-automáticos).

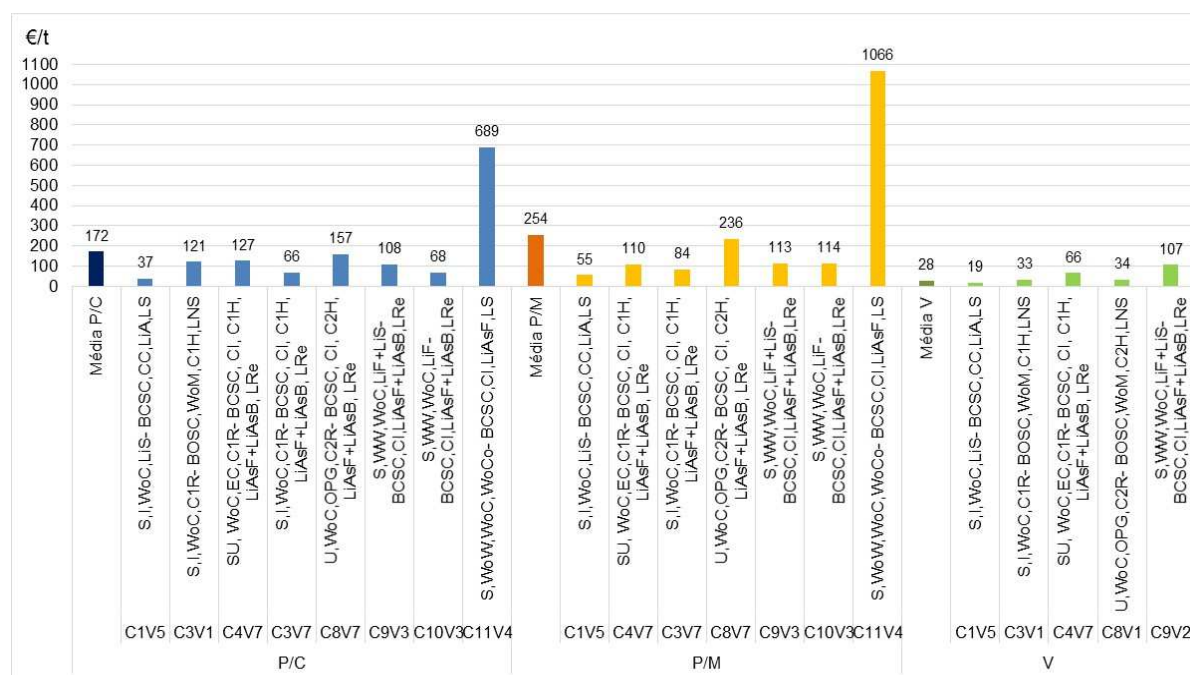


Figura V-118: Indicador ISSF.8 – Custos anuais de exploração por tonelada recolhida

ISSF.9) Custo total do sistema por tonelada (Indicador de benchmarking e orçamentação)

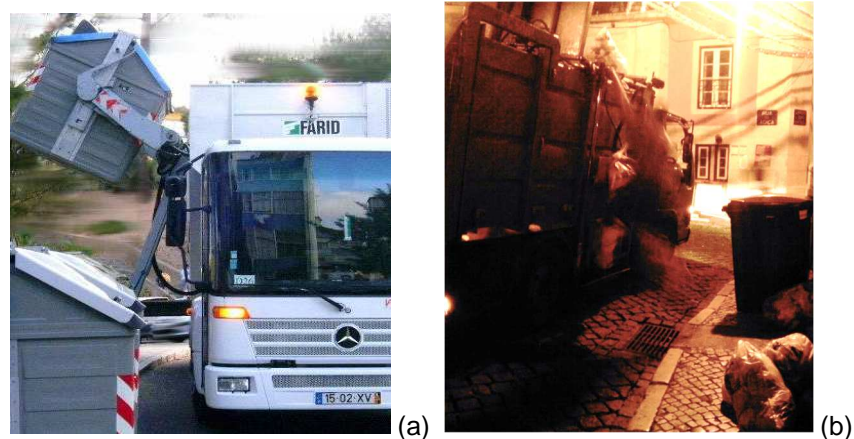
Para obter o custo total por tonelada recolhida, somou-se o custo de aquisição por tonelada (Indicador ISSF.1) e o custo anual de exploração por tonelada (Indicador ISSF.8), cujos resultados, por sistema e fluxo de resíduo, se apresentam na Figura V-120.

A análise deste indicador final permite concluir que, de entre os dez sistemas onde foi possível apurar todos os dados necessários, o sistema menos vantajoso do ponto de vista financeiro é o sistema manual que utiliza sacos e uma viatura satélite compactadora, C11V4, de recolha porta-a-porta em Alfama, Lisboa (Figura V-119, a). O valor elevado do custo total deste sistema por tonelada recolhida deve-se aos elevados custos de exploração por se tratar de um sistema que usa uma equipa de três elementos e que recolhe pouca quantidade de resíduos. A este facto acresce os custos de aquisição elevados deste sistema (obtem o terceiro valor mais alto), uma vez que a viatura de recolha utilizada tem um custo de aquisição elevado para a capacidade que consegue recolher por circuito e porque os sacos, sendo consumíveis, acabam por tornar os custos de aquisição deste sistema também elevados.

O sistema seguinte, com valores bastante inferiores, é o sistema semi-automático que utiliza recipientes subterrâneos de plataforma a gás e viatura compactadora com elevador de carga traseira e grua (C8V7), quer no plástico/metálico, quer no papel/cartão. Estes valores devem-se aos custos de combustível (segundo sistema com maior consumo por tonelada recolhida) e também aos custos de aquisição (é também o segundo sistema com maiores custos de aquisição por tonelada, devido ao custo dos contentores, mas essencialmente devido às pequenas quantidades recolhidas por circuito, que pode resultar de circuitos não otimizados, isto é, de recolhas de contentores vazios). O sistema com piores resultados no vidro é o sistema de recipientes semi-subterrâneos com argola simples recolhidos por viatura compactadora com elevador de carga traseira e grua (C4V7), também devido essencialmente às pequenas quantidades recolhidas por circuito.

O sistema com os melhores resultados em todos os fluxos de recolha é o sistema automático C1V5, que resulta do facto de ser um sistema com quantidades recolhidas por circuito muito elevadas, que compensam os custos de aquisição e de exploração superiores.

Este indicador deve ser analisado em conjunto com as taxas de enchimento e outros dados que reflectem a optimização de um circuito. Tratam-se de dados reais, que dependem do sistema e planeamento local dos circuitos monitorizados, pelo que não se devem tirar conclusões de *benchmarking* de sistemas apenas com este indicador, especialmente se as diferenças nos valores forem pouco expressivas.



*Figura V-119: Sistemas com o melhor e pior resultado no custo total por tonelada (Indicador ISSF.9):
(a) Sistema Automático em Rio de Mouro, Sintra (2009), (b) Sistema Manual em Alfama, Lisboa
(2010)*

Por fluxo de resíduo e em termos médios para os sistemas onde foi possível obter todas as parcelas de custo, o custo total anual médio para o papel/cartão é de 193 €/t, com um mínimo de 49 €/t para o sistema de recolha automático C1V5 e um máximo de 732 para o sistema de recolha manual C11V4, para a recolha de plástico/metall é de 277 €/t, com um mínimo de 74 €/t para o sistema de recolha automático C1V5 e um máximo de 1.109 €/t para o sistema de recolha manual C11V4, e para o vidro é de 61 €/t, com um mínimo de 26 €/t para o sistema de recolha automático C1V5 e um máximo de 115 €/t para o sistema de recolha assistida C9V2.

Estes custos incluem, como descrito, os custos directos, como os custos de aquisição dos equipamentos e de exploração (manutenção dos equipamentos, combustíveis e recursos humanos), excluindo-se os custos indirectos com edifícios e infra-estruturas, administrativos, e de recursos humanos indirectos (e.g. técnicos, directores).

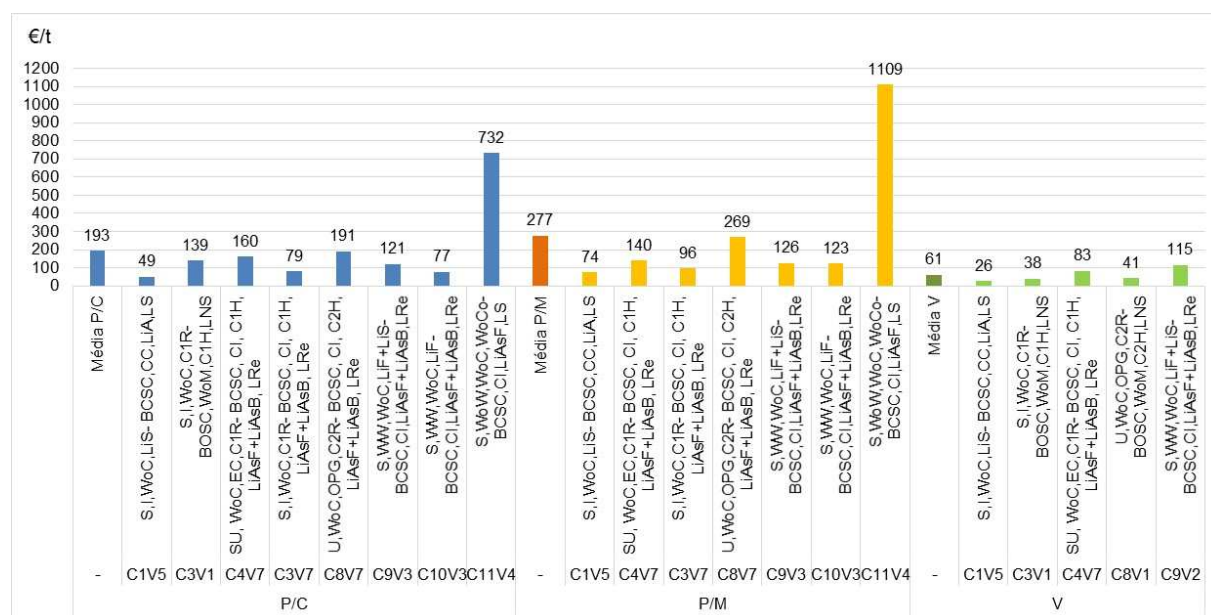


Figura V-120: Indicador ISSF.9 – Custos anuais totais por tonelada recolhida

V.3.4 INDICADORES DE SERVIÇO – LAVAGEM DE RECIPIENTES

V.3.4.1 INDICADORES OPERACIONAIS

Antes de se apresentarem os resultados para estes indicadores, importa ressaltar que não foi possível monitorizar separadamente todos os tipos taxonómicos de recipientes com lavagem manual, pelos motivos indicados na metodologia.

ISLrO.1) Tempo de lavagem efectivo por recipiente (Indicador de benchmarking e dimensionamento)

Este indicador resulta do quociente entre o tempo de lavagem efectivo (fase de “lavagem efectiva” do circuito) e o número de recipientes lavados, por tipo de contentor e sistema de lavagem (manual ou automático), sendo os resultados apresentados na Figura V-121.

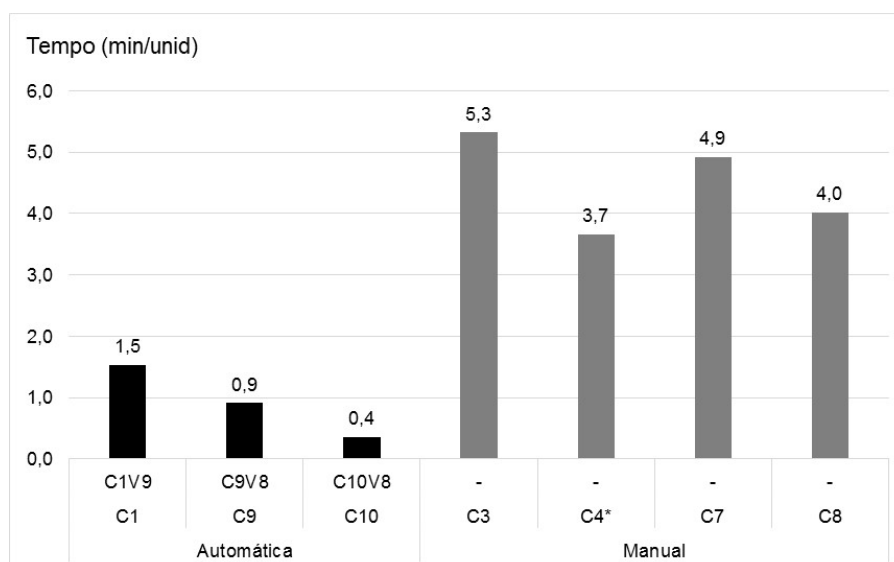


Figura V-121: Indicador ISLrO.1 – Tempo de lavagem efetivo, por recipiente

Da análise deste gráfico, resulta a enorme diferença entre os dois métodos de lavagem, sendo a manual a que maiores tempos de lavagem efetiva envolve por recipiente lavado. De facto, a lavagem manual é utilizada nos recipientes recolhidos com viaturas grua, uma vez que os meios de lavagem automática destes tipos taxonómicos de contentores estão pouco vulgarizados no mercado. Este método utiliza, quando a lavagem é apenas exterior, uma viatura ligeira de caixa aberta que transporta uma cuba de água limpa, um compressor e uma pistola de água, para lavagem a alta pressão (Figura V-122). Quando a lavagem é interior obriga à presença de uma viatura grua para elevar o contentor, de forma a aceder ao interior da cuba.



Figura V-122: Operação de lavagem exterior manual, de equipamentos subterrâneos e semi-subterrâneos

A lavagem automática, que utiliza viaturas cisterna com elevador de carga traseira (V8) ou automáticos de carga lateral (V9), pode ser aplicada apenas aos recipientes compatíveis com os sistemas de engate preparados para elevadores, com tempos de lavagem efetiva bastante inferiores.

ISLrO.2) Tempo de lavagem unitário (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta da média dos tempos de lavagem por recipiente, que se inicia quando a viatura para, para iniciar a lavagem e termina quando a viatura arranca para o próximo ponto. À semelhança do tempo de recolha unitário (indicador ISO.4), quando é lavado mais do que um recipiente por ponto, o tempo cronometrado é dividido pelo número de contentores lavados. Os resultados para este indicador, que permitem fazer o *benchmarking* entre os diferentes sistemas de lavagem, apresentam-

se na Figura V-123.

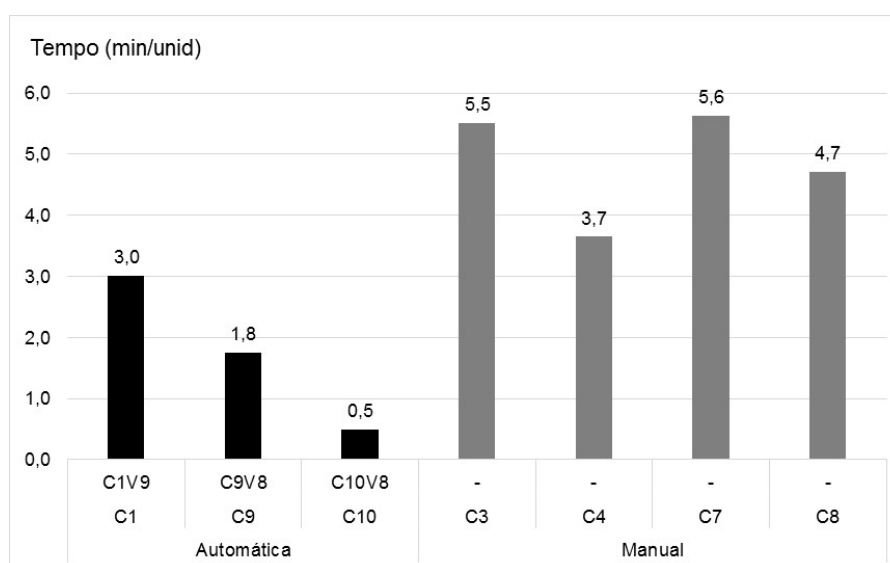


Figura V-123: Indicador ISLrO.2 – Tempo de lavagem unitário

Da análise deste gráfico resulta que o tempo de lavagem automática com o sistema C10V8 (lavagem automática de recipientes de superfície de duas rodas com viatura cisterna de carga traseira), é o mais baixo, com apenas 0,4 min para cada contentor, graças ao elevador duplo, que permite a lavagem de dois contentores em simultâneo. Segue-se o sistema C9V8, onde os contentores são de quatro rodas e portanto já só pode ser lavado um de cada vez, e finalmente o sistema C1V9, de lavagem de recipientes imóveis com viatura cisterna com elevador automático de carga lateral, com 1,5 min por recipiente, o que é um tempo unitário superior ao tempo unitário de recolha do mesmo tipo taxonómico, que resulta dos facto dos ciclos de lavagem serem mais prolongados que os de recolha, como seria expectável.

Nos sistemas de lavagem manual, o sistema que devolve valores mais baixos é a lavagem de contentores semi-subterrâneos, com 3,7 min por contentor, sendo a lavagem de contentores subterrâneos de plataforma hidráulica a operação mais demorada, com 5,6 min por contentor.

ISLrO.3) Tempo de abastecimento da viatura com água por recipiente (Indicador de benchmarking)

Considerando o impacte que o tempo de abastecimento dos reservatórios de água tem no início dos circuitos de lavagem, calculou-se este indicador que resulta do quociente entre o tempo de abastecimento da viatura com água limpa e o número de recipientes lavados com essa água, pelo sistema de lavagem automático ou manual, cujos resultados se apresentam na Figura V-124.

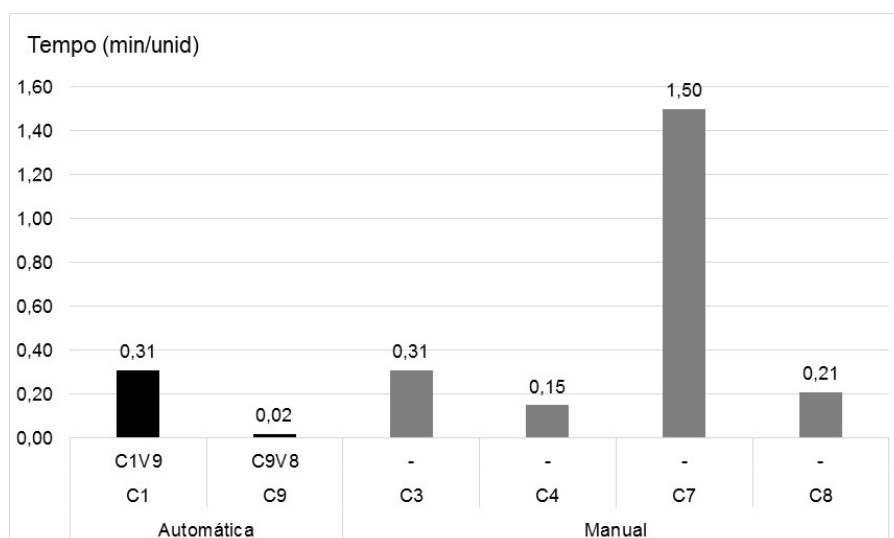


Figura V-124: Indicador ISLrO.3 – Tempo de abastecimento do reservatório de água, por recipiente lavado

Mais uma vez, o sistema de lavagem com viatura cisterna automática, V9, demora 0,31 min para cada contentor lavado, bastante superior ao tempo da viatura cisterna com elevador traseiro, V8. Na lavagem manual, este indicador pode chegar até os 1,5 min por contentor.

ISLrO.4) Consumo de água por recipiente (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta do quociente entre o volume de água limpa consumida e o número de recipientes lavados com essa água, pelo sistema de lavagem automático ou manual. Os resultados apresentam-se na Figura V-125.

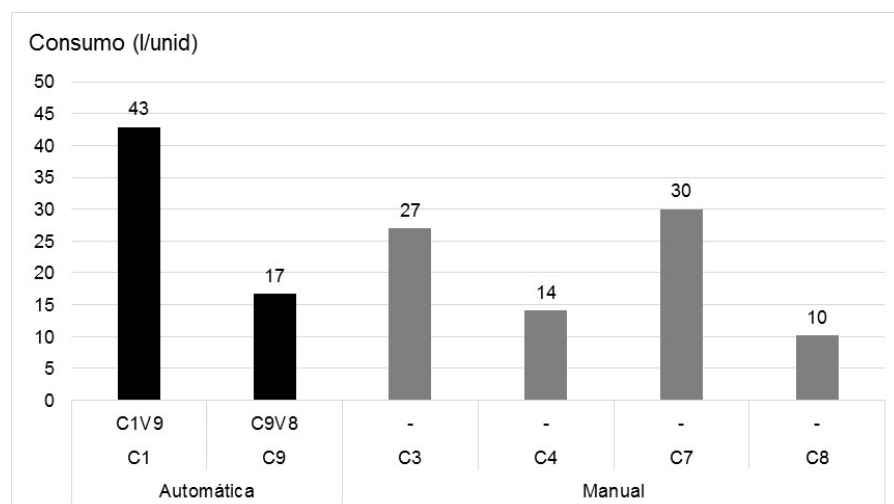


Figura V-125: Indicador ISLrO.4 – Consumo de água, por recipiente

Este indicador permite aferir diferenças nos consumos de água, a assim fazer comparações em termos económicos e também ambientais. Da análise do gráfico, verifica-se que o consumo de água por recipiente lavado está entre um mínimo de 10 l/contentor, na lavagem manual dos recipientes subterrâneos de plataforma a gás, e 43 l/contentor, na lavagem automática de carga lateral dos recipientes compatíveis com este sistema.

Sem fazer nenhuma análise à qualidade da lavagem, isto é, ao resultado da operação em termos qualitativos, a diferença nos consumos de água é bastante elevada, capaz de fazer diferença nos custos do serviço, assim como no impacte ambiental do mesmo, avaliação que ultrapassa, no entanto o âmbito deste trabalho.

ISLrO.5) Consumo de detergentes/desinfetantes por recipiente (Indicador de benchmarking)

Este indicador resulta do quociente entre o volume de produtos detergentes consumidos e o número de recipientes lavados, permitindo assim fazer comparações em termos económicos e ambientais. Os resultados apresentam-se na Figura V-125.

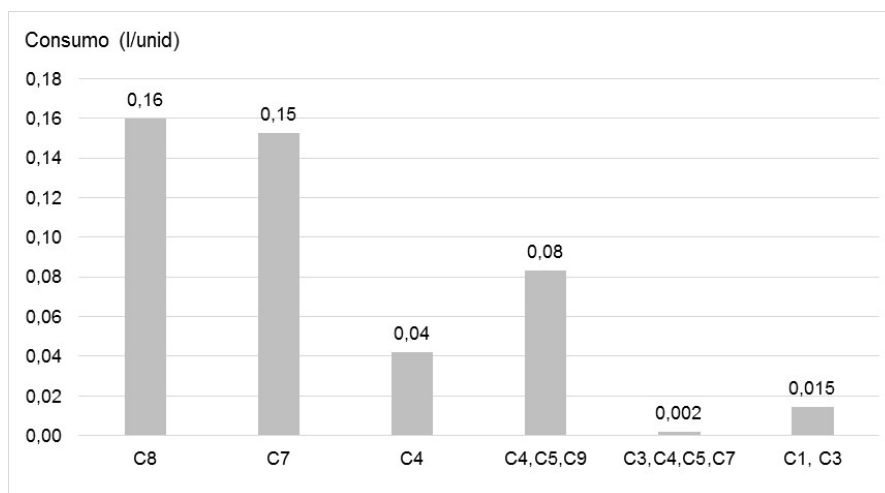


Figura V-126: Indicador ISLrO.5 – Consumo de detergentes, por recipiente

Durante as monitorizações foi possível observar que este indicador resulta muito mais das metodologias e produtos químicos utilizados pelas entidades gestoras neste serviço do que do sistema ou recipiente, isto é, do que da tecnologia utilizada, pelo que não é possível retirar nenhuma conclusão sobre os resultados, que foram assim utilizados apenas para suportar a estimativa de custos da operação de lavagem de recipientes.



Figura V-127: Aplicação de detergente nas colunas de deposição de recipientes subterrâneos, em Sintra (2011).

V.3.4.2 INDICADORES FINANCEIROS

ISLrF.1) Custo total unitário da lavagem do recipiente (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Este indicador resulta do somatório dos custos unitários (por recipiente) com recursos humanos (produto do custo/hora da equipa os resultados de ISLrO.2 e em ISLrO.3), do custo unitário com consumíveis – água (com base nos resultados obtidos em ISLrO.4) e detergentes (com o consumo por recipiente obtido em ISLrO.5) e o custo unitário com a aquisição e manutenção da viatura de lavagem (no caso da lavagem automática) ou do conjunto da viatura, reservatório de água, compressor e máquina de lavagem a alta pressão (no caso da lavagem manual).

Na determinação destes custos unitários, não foi possível obter os custos com detergentes e com o combustível, pelo que os resultados que se apresentam na Figura V-128, são parciais, porque consideram apenas os custos com recursos humanos e consumo de água. De facto, os valores de custo indicados para a lavagem automática estão sub-estimados quando comparados com os valores indicados em (Ricci, 2003), de 2,85 €/unid. 4,47 €/unid e 2,24 €/unid para os recipientes C1, C9 e C10, respectivamente, mas confirmam a ordem de grandeza que se obteria e a diferença registada entre o custo da lavagem com viatura do tipo V8 (elevador manual de carga traseira) e do Tipo V9 (viatura de lavagem com elevador lateral robotizado), reforçando a importância destes custos nos custos globais da gestão do serviço de recolha.

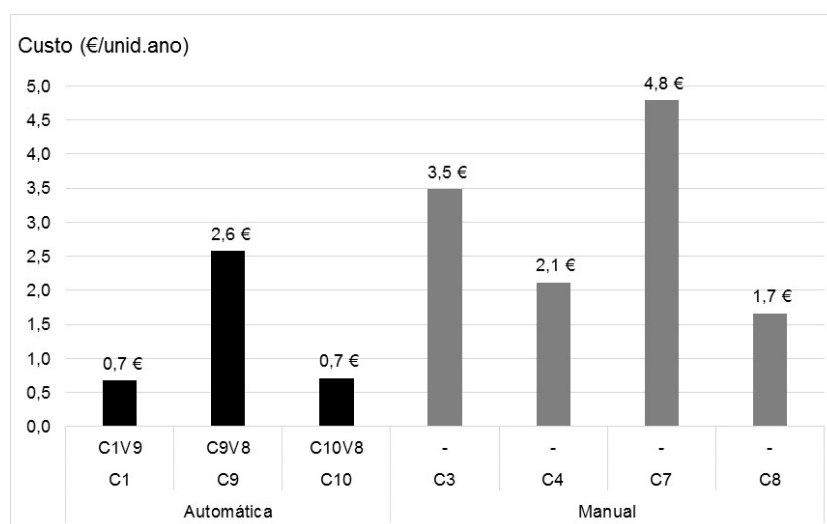


Figura V-128: Indicador ISLrF.1 – Custo total unitário da lavagem, por recipiente (valores parciais)

Para calcular o custo anual da lavagem de um recipiente, tem que se assumir uma frequência de lavagem, que é muito variável nas entidades gestoras monitorizadas e nos fluxos de resíduos que os contentores armazenam, pelo que se optou por assumir a frequência de lavagem mensal, de acordo com a recomendação da ERSAR (Figura V-129).

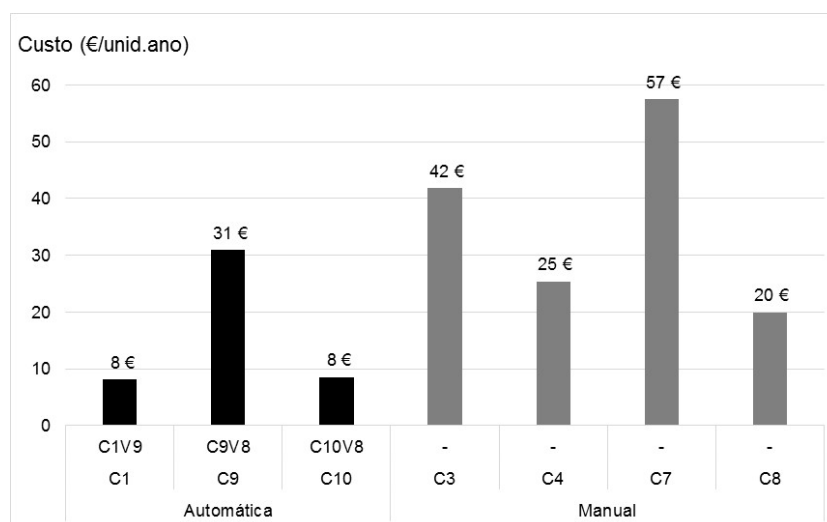


Figura V-129: Custo total unitário da lavagem, por recipiente e ano

Da análise destes resultados resulta que os custos de lavagem de contentores têm um peso considerável nos custos totais da gestão do serviço de recolha de RU, mesmo subestimados (os valores consideram apenas recursos humanos e água). De facto, comparando os valores indicados na Figura V-129 com os valores de custo unitários anuais de aquisição e de manutenção por tipo taxonómico de recipiente, que se apresentam na Figura V-16 e Figura V-20 respectivamente, conclui-se que para os custos de lavagem apurados, e mesmo sem considerar os custos de equipamento e de gasóleo, os resultados obtidos representam entre 6 e 25 % dos custos totais anuais com um recipiente (aquisição, manutenção e lavagem). É assim fundamental introduzir o serviço de lavagem de contentores no *benchmarking* financeiro dos diferentes sistemas de recolha, uma vez que o sistema de recolha escolhido vai determinar o sistema de lavagem possível – automático ou manual e assim os custos.

V.3.5 INDICADORES DE SERVIÇO – LAVAGEM DE VIATURAS

V.3.5.1 INDICADORES OPERACIONAIS E FINANCEIROS

Antes de se apresentarem os resultados para estes indicadores, importa referir a diversidade de procedimentos de lavagem que se encontraram nas diferentes entidades gestoras para o mesmo tipo taxonómico de viatura, o que levou a concluir que nenhuma análise se poderia aplicar no que respeita ao objectivo de *benchmarking*, uma vez que este serviço, tal como o anterior mas no caso das viaturas de forma ainda mais pronunciada, não depende dos equipamentos em questão mas sim das práticas adoptadas na sua execução.

De facto, uma mesma viatura pode ser lavada de forma automática, utilizando portais com jactos de água sob os quais a viatura passa (Figura V-130), mista, quando se complementam os portais com uma lavagem manual com um cantoneiro, que utiliza geralmente uma vassoura, um dispensador de detergente e uma mangueira com pistola de alta pressão, ou 100% manual, onde nenhum meio automático é utilizado, utilizando-se apenas equipamentos de utilização manual, como uma mangueira, uma vassoura, um balde com detergente diluído em água, entre outros.



Figura V-130: Operação de lavagem automática com portais, de uma viatura de caixa aberta com grua, em Sintra

Na afectação de recursos humanos registaram-se também diferenças: em Sintra utilizam-se equipas de lavagem de viaturas de dois cantoneiros, enquanto em Lisboa e Cascais utilizam apenas um cantoneiro, sem que tenha sido possível estabelecer uma relação entre o tipo de operação ou viatura a lavar e esta variável. Outro elemento que aumenta a diversidade de métodos é que por vezes se opta por fazer apenas uma operação de lavagem exterior.

Acresce que não foi possível recolher toda a informação necessária (em particular sobre os custos), tendo-se optado também por não monitorizar todos os tipos taxonómicos de viaturas, considerando a afectação de tempo que envolveria e a limitação da extrapolação dos resultados, pelos motivos acima referidos.

ISLvO.1) Tempo de lavagem por viatura (Indicador de benchmarking)

Tal como no serviço de lavagem de recipientes, este indicador define o intervalo de tempo que se inicia com o arranque da operação de lavagem, e termina quando a viatura está lavada. Os resultados apresentam-se na Figura V-131.

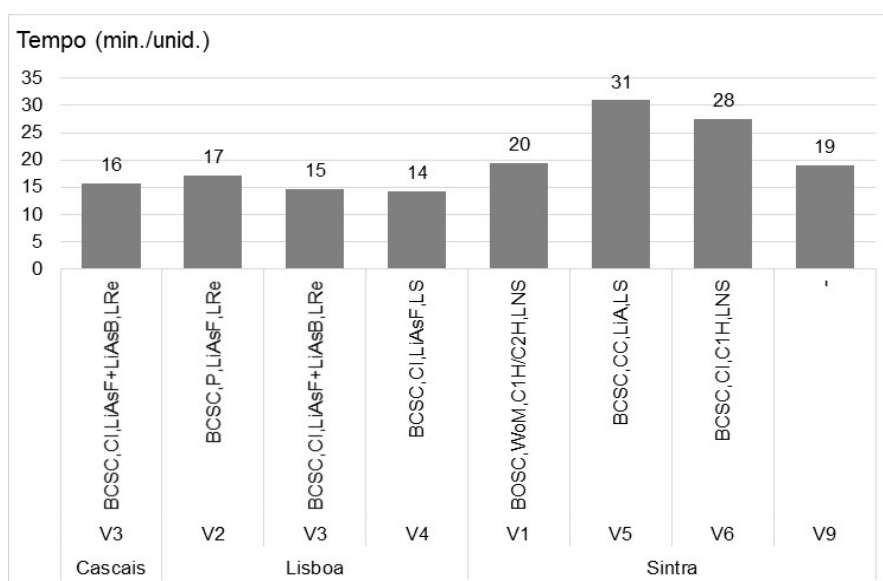


Figura V-131: Tempo de lavagem unitário da viatura

Em Lisboa e Cascais a operação de lavagem de uma viatura leva em média 15 e 15,7 min, sendo a lavagem manual, com uma mangueira ou com uma pistola com dispersor com pressão (Figura V-132 e Figura V-133). Em ambos os locais usa-se um cantoneiro por operação de lavagem. Em Sintra, a operação de lavagem demora mais tempo, cerca de 24 min, utilizando-se uma operação de lavagem mista: primeiro automática, com dispersores fixos instalados em duas molduras metálicas, que projectam água nos quatro lados da viatura (Figura V-130) e depois com um cantoneiro que lava com mangueira e um dispensador de detergente manual (Figura V-134). A cabine é aspirada por um segundo cantoneiro que conduz a viatura de/para parque.



*Figura V-132:
Lavagem manual de
uma viatura
compactadora, em
Lisboa*



*Figura V-133: Operação de lavagem
manual com pistola de alta pressão
de uma viatura compactadora, em
Cascais*



*Figura V-134: Aplicação de
detergente numa viatura
compactadora em Sintra*

Para fazer uma comparação justa, deve-se considerar o tempo/homem, que faz com que Sintra dispare em termos de tempo, porque não só a operação em si é mais demorada, mas também porque usa dois cantoneiros, obrigando a 0,6 a 1 hora.homem/viatura, enquanto em Cascais e Lisboa obriga a apenas 0,2 a 0,3 hora.homem/viatura. Conclui-se assim que a comparação entre viaturas não é possível com os dados disponíveis, considerando que, tal como referido inicialmente, cada local tem o seu método, que tem mais influência que a tipologia da viatura em si.

Apesar destas diferenças, da análise do gráfico conclui-se que o tempo de lavagem de viaturas varia entre 14 e 31 min, com um tempo médio de 20 min. Tal como já referido, não é possível estabelecer uma relação entre estes resultados e o tipo de viatura: por exemplo uma viatura de caixa aberta com grua, que à partida obrigaria a um tempo de lavagem inferior apresenta um resultado superior às viaturas compactadoras V3, que são também viaturas pesadas (as viaturas V2 e V4 são satélite, pelo que é expectável que demorem menos tempo a lavar).

ISLvO.2) Consumo de água por viatura (Indicador de benchmarking)

Este indicador, que mede o consumo de água limpa por cada operação de lavagem de uma viatura, permite avaliar as diferenças no consumo de água por tipo de viatura, de acordo com os resultados que se apresentam na Figura V-135 para três tipos taxonómicos de viaturas. Ressalva-se que estes valores são estimativas, que resultam do produto do tempo de lavagem unitário (indicador ISLvO.1) com o caudal de água limpa.

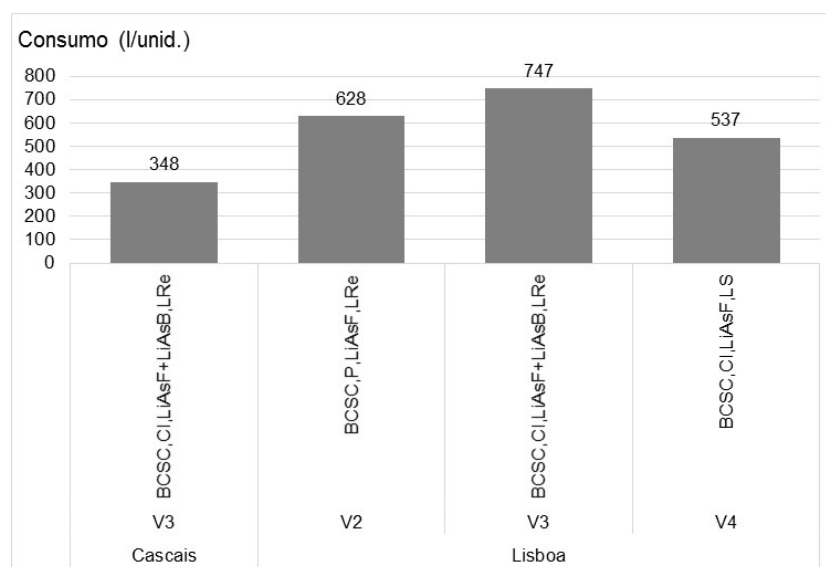


Figura V-135: Consumo de água por viatura

Da análise dos resultados, conclui-se que o consumo médio de água para a lavagem de uma viatura de recolha é 565 l, com um mínimo de 348 l e um máximo de 747 l para as operações monitorizadas. Verifica-se também que, tal como já foi referido, os indicadores de lavagem dependem do método utilizado, que se comprova pelos valores diferentes deste indicador obtidos para a mesma tipologia de viatura, V3 (a média dos dois valores resulta em 547,5 l). Apesar do número limitado de registos, é possível estimar que ao fim de um ano a viatura consome cerca de 350 m³ de água (assumindo uma utilização máxima potencial da viatura em dois turnos por dia, seis dias por semana, e que a mesma é lavada sempre no final de cada turno), que é um valor que não pode ser desprezado nem do ponto de vista económico nem ambiental.

ISLvO.3) Consumo de detergentes por viatura (Indicador de benchmarking)

O consumo total de produtos detergentes/desinfetantes por cada operação de lavagem de uma viatura não foi fácil de recolher durante as monitorizações, uma vez que uma mesma diluição de detergente e água era utilizado por diferentes viaturas e porque nem sempre era conhecida a concentração, isto é, a quantidade utilizada na diluição. Apesar desta dificuldade foi possível obter um valor em Cascais, para a lavagem das viaturas compactadoras de carga traseira, V3, de 0,8 l de detergente por viatura.

ISLvF.1) Custo total unitário de lavagem da viatura (Indicador de benchmarking e orçamentação)

Este indicador não foi possível calcular uma vez que não foi possível recolher todos os custos unitários necessários, pelos motivos acima referidos, nomeadamente o custo unitário com consumíveis.

Apesar disto, avaliando a parcela de custo de recursos humanos, e usando o valor médio dos custos de recursos humanos das três entidades gestoras para o custo/hora de um cantoneiro, para efeitos comparativos - das viaturas e métodos de lavagem, verifica-se que a operação de lavagem custa em média 4,5 € por viatura só em custos com recursos humanos, com um mínimo de 2 € e um máximo de 8,8 €, portanto, muito variável em função do método usado pela Entidade Gestora.

No que respeita ao custo com consumíveis, e em particular com a água, também em Cascais, assumindo um de 0,4 €/l obtém-se um custo com água, por operação de lavagem, de 138 €.

V.4 SINTESE E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS

V.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE RECOLHA

A aplicação da classificação proposta aos equipamentos disponíveis na área de estudo, que abrangem a maioria dos equipamentos comercializados no mercado nacional e europeu, provou que a mesma é fácil de aplicar e interpretar, por se basear na análise visual dos elementos-chave para diferenciar as duas componentes dos sistemas – recipientes e viaturas, e sua compatibilidade, classificando, com base nesta interação o método de recolha. A classificação identificou todos os equipamentos da área de estudo com uma nomenclatura específica, sendo a informação gerada capaz de ser usada por especialistas de vários campos científicos e gestores e técnicos de recolha de resíduos, inovando as classificações utilizadas até à data.

No total, foram identificados e classificados doze tipos taxonómicos de recipientes e oito tipos de viaturas, que permitiram testar todas as características taxonómicas, quer dos recipientes quer das viaturas, assim como a maioria das classes e sub-classes dos diagramas de classificação, exceptuando-se essencialmente aquelas que, não estando disponíveis em Portugal, também não são comuns da Europa.

Foi identificado um sistema manual no município de Lisboa, quinze sistemas de recolha semi-automáticos e sete sistemas de recolha assistidos nos três municípios, e dois sistemas automáticos, em Sintra. Em todos os casos utilizaram-se os diagramas de classificação com bastante facilidade, numa abordagem de cima para baixo, que prevê a exclusão da utilização de algumas categorias de classificação, específicas de classes taxonómicas classificadas em primeiro lugar, simplificando assim a sua aplicação. No final, pela simples leitura dos acrónimos ou das chaves de classificação taxonómica obtidas, rapidamente se identificaram os recipientes e viaturas compatíveis, utilizando o diagrama de classificação do método de recolha, que culminou com a identificação e classificação de 25 sistemas de recolha em funcionamento na área de estudo.

Analisando os 25 sistemas é clara a repetição de viaturas, porque uma mesma viatura pode recolher diferentes tipos de recipientes, desde que o sistema de engate seja o mesmo. Esta observação resulta, no caso das viaturas grua, do facto da única diferença na viatura ser o sistema instalado na ponta da grua - um gancho, gancho duplo, ou disco duplo, e no caso das viaturas com elevador manual, do facto do elevador ter simultaneamente os dois sistemas normalizados - de barras laterais e pente frontal. As viaturas são de facto mais versáteis que os recipientes, podendo uma mesma viatura estar equipada simultaneamente com grua e elevador, podendo usar os dois sistemas no mesmo recipiente, como é o caso da viatura de caixa fechada com compactação intermitente, com grua e elevador de carga traseira, *BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe*.

Pelo contrário, o mesmo recipiente tem que ser recolhido por viaturas equipadas com exactamente o mesmo sistema de acoplamento, embora diferentes mecanizações do corpo possam ser usadas: viaturas com corpo mecanizado com compactação são normalmente utilizadas para recolha de resíduos compressíveis e não mecanizadas para resíduos não compressíveis (como por exemplo o vidro).

Além de permitir uma base de identificação clara e universal dos diferentes equipamentos e tecnologias utilizados na área de estudo, o exercício de classificação realizado também demonstrou conseguir reduzir a complexidade no planeamento de circuitos de recolha, pela clara identificação dos equipamentos compatíveis (compatibilidade contentor-viatura) e progressiva adopção de equipamentos mais “homogéneos” nos sistemas de acoplamento utilizados, que constitui uma das categorias centrais da proposta de classificação. Esta homogeneização de equipamentos, dentro do que as características da área de estudo possam permitir, também pode reduzir nos custos de

manutenção, pela limitação do número de peças de reposição diferentes, e/ou custos de formação no manuseamento e regras de HST a cumprir para os diferentes equipamentos.

Foram também identificados diferentes sistemas que satisfaziam os mesmos objectivos, que deu um bom ponto de partida para estudar o seu desempenho no cumprimento dos objectivos locais específicos, com indicadores operacionais e financeiros para *benchmarking*, baseado no tipo taxonómico de sistema de recolha, independente do modelo ou fornecedor.

V.4.2 BENCHMARK DE SISTEMAS – MELHORES E PIORES RESULTADOS

V.4.2.1 RECIPIENTES

A segunda hipótese formulada no início deste trabalho, questionava a possibilidade de *avaliar o desempenho operacional e financeiro dos sistemas de recolha de RU a partir do cálculo de indicadores que suportem a tomada de decisão na selecção destes sistemas e no planeamento e gestão do serviço, com vista à racionalização da logística de recolha de RU.*

Partindo desta hipótese e da análise dos resultados, criaram-se nove tabelas organizadas por objectivo, onde se ordenam os resultados obtidos para os indicadores que se consideram determinantes na avaliação dos sistemas, destacando-se os melhores e piores resultados, que no seu conjunto constituem uma ferramenta para o *bechmarkt* dos sistemas da área de estudo, assim como uma base de dados de referência para cada sistema e indicador, que podem ser usados no dimensionamento dos sistemas de recolha.

Começa-se esta análise destacando-se os indicadores que se consideram determinantes *na selecção, concepção e dimensionamento de um sistema de recolha*, designados por indicadores de equipamento – de recipientes e viaturas, cujos resultados dependem exclusivamente das suas características, sem influência da área onde o sistema funciona, sendo por isso universais.

No que respeita aos recipientes, na Tabela V-10 apresentam-se os que melhores e piores resultados têm nos indicadores que definem o “design” do contentor e a sua capacidade, nomeadamente a área de implantação (IRO.1) que ocupam, a secção das bocas de deposição (IRO.2), e a altura de deposição (IRO.3). Estes indicadores são particularmente importantes quando a opção por um dado sistema é feita com base nas dimensões dos recipientes e das bocas de deposição. O volume não útil (IRO.5) e a capacidade líquida (IRO.4), determinante no dimensionamento de sistemas, foram também seleccionados, assim como o indicador que relaciona a capacidade com a área de implantação (IRO.6).

Os valores presentes na Tabela V-10 mostram que a maioria dos recipientes têm propriedades específicas dos fluxos de resíduos, isto é, o mesmo recipiente apresenta resultados diferentes para os três fluxos de resíduos; apenas dois, o C2, o C7, apresentam os mesmos resultados para os três fluxos de resíduos diferentes (o C10 também, mas para os dois fluxos aplicáveis).

Para a área de implantação, os recipientes ocupam, em média, cerca de 1,14 m². Os recipientes C1.4, C1.2, C4, e C1.3 ocupam mais área, com valores de 2,65, 2,41, 2,32 e 2,26 m², respectivamente. O C8 para o vidro e plástico/metal tem uma área de implantação de apenas 0,19 m². Existe uma clara relação entre o indicador IRO.1 e a categoria de classificação taxonómica dos recipientes relativa à instalação: todos os recipientes subterrâneos têm áreas de implantação mais baixas (< 0,5 m²), enquanto que os recipientes de superfície e semi-subterrâneos têm áreas de implantação elevadas (> 1 m²), com excepção dos recipientes de superfície de duas rodas, C10, cujas dimensões se assemelham às das colunas de deposição dos equipamentos subterrâneos.

O tipo de fluxo de resíduos influencia fortemente o tamanho da secção de deposição: os recipientes

destinados ao fluxo de papel/cartão apresentaram os maiores valores, seguidos pelos recipientes destinados ao plástico/metalo e vidro (com média de 1.968, 1.338 e 649 cm², respectivamente). Os recipientes com aberturas maiores foram o C1.3 e (4.662 cm² para o papel/cartão) e C10.4 (4.015 cm² para o papel/cartão e plástico/metalo). Os recipientes com aberturas menores, destinados ao vidro, são o C6 (177 cm²), C9 (201 cm²), C3 e C5 (214 cm²). A média da secção de deposição para todos os recipientes e todos os fluxos de resíduos foi 1.375 cm², não existindo nenhuma relação entre este indicador e o tipo taxonómico dos recipientes.

Ao contrário da secção, no caso da altura de deposição (IRO.3) não se verificou influência do fluxo de resíduos, sendo o valor médio de 1,08 m. Os valores variam bastante: os recipientes com maiores alturas de deposição e portanto com pior acessibilidade são os equipamentos de superfície C3, C1.2 e C1.3 (papel/cartão e plástico/metalo) com cerca de 1,50, 1,45 e 1,43 m, respectivamente); no extremo oposto, os recipientes com bocas de deposição mais acessíveis são os equipamentos subterrâneos C5, C2 e C7 com as menores alturas (0,59, 0,68 e 0,68 m, respectivamente).

Neste caso existe relação entre este indicador e as características taxonómicas dos recipientes: os recipientes com menor altura de deposição estão instalados no subsolo, enquanto as soluções de superfície de recolha com grua ou imóveis de recolha com elevador automático apresentaram alturas mais elevadas.

A capacidade útil média para todos os recipientes avaliados foi de 2,40 m³, apresentando os recipientes subterrâneos de 5 m³ C4, C6 e C7, e C2 de 4 m³ uma capacidade líquida superior, e os sacos (C11), naturalmente, os valores mais baixos (0,03 m³), em conjunto com os contentores de duas rodas de menor capacidade (C10), que são os equipamentos de superfície que menos espaço ocupam na calçada, pelo que também neste indicador existe relação evidente com a característica taxonómica que define o tipo de instalação.

O volume indisponível ou não útil, para além de ser um indicador de concepção, útil para quem desenha os recipientes, é também um indicador de eficiência, quantificando o espaço que não pode ser usado para armazenar resíduos e permitindo assim calcular a capacidade líquida. A maioria dos recipientes tem o “volume máximo geométrico” 100% disponível para resíduos, mas os recipientes C1.4, C3, C1.3 e C1.2 têm volumes indisponíveis de 20%, 18%, 15% e 11%, respectivamente, devido às localizações das aberturas de deposição na lateral do corpo do recipiente e/ou assimétricas: nestes recipientes de superfície com geometria prismática, a deposição de resíduos é feita através de uma abertura no lado do corpo do recipiente, levando a que os resíduos se acumulem no lado da abertura, deixando um volume não preenchido do lado superior oposto do corpo. Mesmo em recipientes com aberturas de deposição de ambos os lados, o volume acima destas não está disponível para os utentes, verificando-se que, quando os resíduos chegam ao nível das aberturas, os utilizadores optam frequentemente por deixar os resíduos fora do recipiente.

Relacionando a capacidade líquida com a área de implantação, verifica-se que os recipientes mais eficientes são os subterrâneos de plataforma, C8, para o plástico/metalo (25,98 m³/m²) e vidro (15,59 m³/m²), e o C7 para papel/cartão (13,69 m³/m²). Mais uma vez existe uma clara relação com o tipo de instalação dos recipientes, sendo os subterrâneos os que têm resultados superiores, onde mais espaço pode ser usado para o armazenamento de resíduos sem ocupar a área de superfície, uma vantagem destacada por Mês (2012) e Kaliampakos e Benardos (2013). Para os recipientes semi-subterrâneos, C4, como a área de implantação é considerável quando comparada com os subterrâneos, os resultados são muito mais próximos dos equipamentos de superfície, com 2,15 e 2,19 m³/m². Os recipientes com piores resultados neste indicador são os de superfície de duas rodas, C10, e no caso do vidro, os de superfície imóveis de carga lateral de menores capacidades, C1.1 e C1.2, e os recipientes com quatro rodas C9. Em média, os recipientes analisados armazenam 4,5 m³ por cada metro quadrado de área ocupada à superfície.

Tabela V-10: Recipientes com os melhores e piores resultados nos Indicadores de Equipamento Operacionais

Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V
IRO.1 (m ²)						IRO.2 (cm ²)						IRO.3 (m)					
C10.1	0,26	C8	0,19	C8	0,19	C1.3	4662	C10.4	4015	C2	2456	C5	0,59	C2	0,68	C2	0,68
C10.2	0,27	C10.1	0,26	C5	0,34	C10.4	4015	C10.3	2981	C7	2456	C2	0,68	C7	0,68	C7	0,68
C5	0,34	C10.2	0,27	C2	0,37	C10.3	2981	C2	2456	C1.3	531	C7	0,68	C5	0,75	C5	0,76
C2	0,37	C5	0,34	C7	0,37	C1.4	2496	C7	2456	C1.2	415	C10.1	0,79	C10.1	0,79	C8	0,90
C7	0,37	C2	0,37	C6	0,49	C3'	1381	C8	1886	C1.4	415	C10.2	0,87	C10.2	0,87	C6	0,91
C10.3	0,42	C7	0,37	C9	1,36	C7	2456	C10.1	1681	C4	299	C6	0,90	C6	0,88	C4	1,00
C6	0,49	C10.3	0,42	C4	1,37	C8	1886	C10.2	1681	C8	254	C8	0,90	C8	0,90	C1.1	1,14
C8	0,50	C6	0,49	C1.1	1,37	C9	1784	C3	686	C1.1	241	C10.3	0,99	C10.3	0,99	C9	1,32
C10.4	0,53	C10.4	0,53	C3	1,46	C10.1	1681	C1.1	616	C3	214	C4	1,00	C4	1,00	C1.4	1,43
C9	1,34	C9	1,36	C1.3	2,26	C10.2	1681	C1.2	616	C5	214	C10.4	1,00	C10.4	1,00	C1.3	1,44
C1.1	1,37	C1.1	1,37	C1.2	2,41	C1.2	1562	C1.4	616	C9	201	C1.1	1,14	C1.1	1,14	C1.2	1,46
C3	1,46	C3	1,46	C1.4	2,65	C4	1288	C1.3	531	C6	177	C9	1,21	C9	1,32	C3	1,50
C1.3	2,26	C1.3	2,26	-	-	C3	1113	C5	505	-	-	C1.4	1,40	C1.4	1,40	-	-
C4	2,32	C4	2,32	-	-	C1.1	851	C6	491	-	-	C1.3	1,42	C1.3	1,44	-	-
C1.2	2,41	C1.2	2,41	-	-	C6	635	C9	491	-	-	C1.2	1,45	C1.2	1,45	-	-
C1.4	2,65	C1.4	2,65	-	-	C5	534	C4	471	-	-	C3	1,50	C3	1,50	-	-
IRO.4 (m ³)						IRO.5 (%)						IRO.6 (m ³ /m ²)					
C4	5,00	C4	5,00	C7	5,00	C1.1	0%	C1.1	0%	C1.1	0%	C7	13,69	C8	25,98	C8	15,59
C6	5,00	C6	5,00	C2	4,00	C2	0%	C2	0%	C2	0%	C2	10,95	C7	13,69	C7	13,69
C7	5,00	C7	5,00	C4	3,00	C4	0%	C4	0%	C4	0%	C6	10,13	C2	10,95	C2	10,95
C2	4,00	C2	4,00	C6	3,00	C6	0%	C6	0%	C6	0%	C5	8,94	C5	8,94	C6	6,08
C3'	2,13	C3'	2,13	C3	2,13	C7	0%	C7	0%	C7	0%	C4	2,15	C4	2,15	C4	2,19
C5	3,00	C5	3,00	C8	3,00	C8	0%	C8	0%	C8	0%	C3'	1,44	C3'	1,44	C3	1,44
C1.3	2,73	C1.3	2,73	C1.3	2,73	C9	0%	C9	0%	C9	0%	C3	1,41	C3	1,41	C3	1,41
C1.4	2,55	C1.4	2,55	C1.4	2,55	C10.1	0%	C10.1	0%	C1.2	11%	C1.3	1,21	C1.3	1,21	C1.3	1,21
C1.2	2,14	C1.2	2,14	C1.2	2,14	C10.2	0%	C10.2	0%	C1.3	15%	C1.4	0,96	C1.4	0,96	C1.4	0,96
C3	2,06	C3	2,06	C3	2,06	C10.3	0%	C10.3	0%	C3	17%	C1.2	0,89	C1.2	0,89	C1.2	0,89
C9	1,10	C9	1,10	C9	1,10	C10.4	0%	C10.4	0%	C3	19%	C9	0,82	C9	0,81	C9	0,81
C1.1	1,00	C1.1	1,00	C1.1	1,00	C11	0%	C11	0%	C1.4	20%	C1.1	0,73	C1.1	0,73	C1.1	0,73
C10.4	0,36	C10.4	0,36	-	-	C1.2	11%	C1.2	11%	-	-	C10.4	0,68	C10.4	0,68	-	-
C10.3	0,24	C10.3	0,24	-	-	C1.3	15%	C1.3	15%	-	-	C10.3	0,57	C10.3	0,57	-	-
C10.2	0,12	C10.2	0,12	-	-	C3	17%	C3	17%	-	-	C10.2	0,45	C10.2	0,45	-	-
C10.1	0,09	C10.1	0,09	-	-	C3'	19%	C3'	19%	-	-	C10.1	0,34	C10.1	0,34	-	-
C11	0,03	C11	0,03	-	-	C1.4	20%	C1.4	20%	-	-	-	-	-	-	-	-

IRO.1 - Área de implantação; IRO.2 - Secção de deposição; IRO.3 - Altura de deposição; IRO.4 - Capacidade líquida; IRO.5 - Volume não útil; IRO.6 - Cap. líquida por m²

Concluindo, os recipientes subterrâneos de plataforma C2 e C7, com a classificação taxonómica *U,WoC,OEPEH,LiF* e *U,WoC,OPH,C1R* respectivamente (recipientes tipo 7 e tipo 8 descritos no capítulo IV), apresentaram os melhores resultados nos indicadores focados nas questões de concepção e *design* dos equipamentos, uma vez que apresentam secções deposição grandes e pequenas alturas de deposição, tornando-os mais fáceis de usar, embora mais sujeitos à possibilidade de contaminação (mistura de tipos de resíduos) devido à deposição livre, sem aberturas de deposição específicas. Estes equipamentos, em conjunto com os recipientes subterrâneos de plataforma a gás C8 (*U,WoC,OPG,C2R*), na Figura V-136, têm ainda áreas de implantação inferiores (colunas de deposição pequenas) associadas a grandes capacidades de armazenamento, obtendo os melhores resultados para o indicador da capacidade líquida armazenada por metro quadrado (ISO.6). Assim, se o objectivo da entidade gestora for instalar equipamentos com grandes capacidades de armazenamento (zonas urbanas densas, com captações elevadas) mas ocupar pouco espaço à superfície, com pouco impacte visual, estes são os equipamentos a seleccionar.



Figura V-136: Exemplo de um recipiente subterrâneo de plataforma hidráulica (U,WoC, OPH,C1R) instalado da área de estudo

Depois de avaliados os recipientes que melhores e piores resultados têm nos indicadores de equipamento operacionais, relembra-se outra hipótese formulada neste trabalho, resultante do segundo objectivo, que estabelece que *a aplicação dos indicadores numa área que permita estudar os principais sistemas disponíveis no mercado, permite (...) avaliar o desempenho operacional e financeiro dos mesmos (indicadores de serviço).*

De facto, os indicadores de serviço, apesar de, ao contrário dos indicadores de equipamento, dependerem das características da área de estudo, permitiram obter valores de referência para os diferentes tipos taxonómicos de recipientes que não estão disponíveis na bibliografia, destacando-se um dado base determinante para o dimensionamento de sistemas de recolha, que é o peso específico em contentor. Os indicadores seleccionados na Tabela V-11, apesar de serem indicadores de serviço referem-se apenas aos recipientes, permitindo fazer também uma análise de *benchmarking* entre equipamentos, quando grandes diferenças são registadas nos resultados.

O peso total máximo do recipiente (ISO.1), que depende das características taxonómicas do contentor e do fluxo de resíduo, é um valor importante para a compatibilidade com as viaturas, uma vez que os sistemas de elevação das viaturas têm capacidades de carga limitadas. Os recipientes que obrigam a maiores capacidades de carga são os subterrâneos compactos (uma vez que o conjunto formado pelo recipiente, plataforma e coluna de deposição têm que ser elevados) e em particular os C5', que são equipamentos compactos de recolha com grua, onde o acabamento da plataforma é em calçada portuguesa, tornando-os mais pesados. Seguem-se os subterrâneos compactos C6 e os subterrâneos de plataforma C7 no caso do vidro, por serem os únicos equipamentos com contentores de 5 m³ para

o vidro, que é claramente o fluxo de resíduo determinante para este indicador, que chega perto das duas toneladas. Apesar da capacidade ser determinante para este indicador, verificam-se diferenças entre recipientes com as mesmas ou capacidades semelhantes, como o C3 e C1.2, que podem ser atribuídas a diferenças na geometria e bocas de deposição. O material do recipiente também afectou este indicador (por exemplo, recipiente C1.3 é metálico, tornando-o mais pesado do que alguns recipientes subterrâneos de capacidades maiores).

A variação deste indicador para os diferentes fluxos de resíduos não foi significativa para os recipientes subterrâneos compactos C5 e C6, mas para os outros a variação foi considerável, especialmente para os semi-subterrâneos (C4), onde o peso máximo para o fluxo de resíduos de vidro (987 kg) é mais do que cinco vezes superior do que para o plástico/metal (190 kg). Esta variabilidade pode restringir a escolha da viatura em municípios pequenos, porque pode ser necessário que um mesmo veículo recolha os três fluxos, obrigando a uma viatura com capacidade para recolher uma gama de pesos maior, e portanto a um maior investimento. Este indicador pode ser assim usado para justificar a opção de uma viatura específica para recolher um determinado tipo de recipiente. De facto, diferentes recipientes podem ser recolhidos pela mesma viatura: na área de estudo, a viatura de caixa aberta com grua V1 foi utilizada para recolher recipientes de alta capacidade, tais como os subterrâneos C5, C6 e C7, mas também os recipientes de menor capacidade, como o C3. Esta variabilidade nos recipientes que as viaturas recolhem é comum deste que os sistemas de acoplamento contentor-viatura sejam compatíveis. Concluindo, o peso máximo total de todos os recipientes que se pretende que uma dada viatura recolha deve ser conhecido quando se planeiam sistemas de recolha.

No outro extremo, com os valores mais baixos estão os recipientes de superfície de pequena capacidade, sem rodas, C9, e os sacos, C11, para o papel/cartão e plástico/metal. Para o vidro os recipientes mais leves foram os C9, C1.1 e C3. Considerando os sistemas manuais e assistidos, onde está envolvida força manual dos cantoneiros, este indicador é também importante para a segurança dos trabalhadores: apesar de se registarem algumas variações nos valores de peso nos recipientes C11 e C10 entre nos dois fluxos de resíduos, quer os valores em absoluto quer a variação de peso é mais elevada no caso dos recipientes de superfície de quatro rodas de 1100 l, C9, que podem representar um risco para lesões, frequentes entre os cantoneiros (Poulsen, 1995).

O peso líquido (ISO.2), à semelhança da capacidade líquida, é um dado base de dimensionamento, fundamental quando se projecta e planeia um sistema de recolha, nomeadamente na definição de circuitos de recolha, que resultam de duas variáveis – tempo e capacidade (em volume ou em peso, dependendo do fluxo de resíduo e características da viatura). Os resultados obtidos indicam novamente os recipientes C7, C8 e C2 com os melhores resultados, com uma capacidade em peso de armazenamento superior, de 245 kg para o papel/cartão, 189 para o plástico/metal e 1538 para o vidro no caso do C7. Os valores mais baixos registam-se nos sacos e contentores de duas rodas (C11 e C10) e nos contentores de quatro rodas, C9, no caso do vidro.

Mas é através da relação destes dois dados base fundamentais ao dimensionamento, isto é, através do quociente do peso líquido máximo no recipiente (ISO.2) com a sua capacidade líquida (IRO.4), que se obtém um indicador fundamental, não só por permitir a conversão de peso em volume e vice-versa, quando apenas um dos dados é conhecido (geralmente a capacidade), mas também por permitir fazer *benchmarking* sobre que recipiente é mais eficiente na utilização da sua capacidade, isto é, qual apresenta valores de peso específico ou densidades dos resíduos em contentor maiores.

Da análise da Tabela V-11, verifica-se que os recipientes onde se registaram os valores de peso específico mais elevados para o papel/cartão foram o C10.1 (92 kg/m³), C10.3 (88 kg/m³), e C10.4 (81 kg/m³), e para o plástico/metal foram novamente o C10.1 (44 kg/m³) e o C10.4 (40 kg/m³), e o C10.2 (43 kg/m³), ficando os sacos (C11) em quarto lugar com 79 e 39 kg/m³, respectivamente. Estes valores contrariam o que seria esperado, indicando que existe uma relação do peso específico não com a geometria ou capacidade do recipiente, mas com a limitação da capacidade por deposição ou num

dado intervalo de tempo, uma vez que são recipientes individuais recolhidos porta-a-porta, com dias fixos, o que significa uma capacidade disponível para a deposição de resíduos também fixa, isto é, limitada, que potencia que os utentes a utilizem o melhor possível, compactando os resíduos que vão depositando nos recipientes entre os dias de recolha. De facto, os resíduos depositados nestes recipientes podem ser facilmente manuseados e compactados manualmente pelo utilizador, que não têm aberturas de deposição específicos, permitindo que os resíduos sejam uniformemente distribuídos e compactados, o que não acontece nos recipientes de deposição colectiva com bocas de deposição específicas ou de deposição livre.

Outro resultado que não era esperado mas que depois de analisado veio confirmar este pressuposto da importância da compactação realizada pelos utentes durante a deposição, são os valores elevados obtidos para o recipiente subterrâneo C7, que é um equipamento de deposição colectiva, mas onde a deposição é feita através de tambores rotativos com capacidade limitada, que também pode promover a compactação de resíduos. Concluindo, com os resultados obtidos não foi observado o possível efeito de compressão realizada pelo peso dos próprios resíduos em recipientes subterrâneos de maior capacidade, mas sim o efeito da acção dos utentes sobre os resíduos durante a deposição.

Em relação ao vidro, o recipiente subterrâneo C7 obtém um valor elevado, assim como os recipientes de superfície imóveis para elevador automático C1.3 e C1.1. De sublinhar que, embora fosse esperado que a queda das embalagens de vidro quando depositadas nos recipientes subterrâneos resultasse numa percentagem de casco de vidro maior que no caso dos contentores de superfície, com alturas de queda inferiores, os resultados obtidos para o peso específico não confirmam este efeito.

Com os resultados piores para este indicador, nos três fluxos de resíduos, destacam-se os recipientes C1.4, C2 e C3, isto é, contentores de superfície de média capacidade, e um contentor subterrâneo.

Mas em relação a este indicador, tal como em relação ao peso máximo do recipiente (ISO.1), importa fazer uma análise mais aprofundada dos resultados, uma vez que o desempenho dos sistemas de recolha para estes indicadores não pode ser dissociado dos resíduos depositados nos contentores e sacos. De facto, a análise estatística das amostras, cujos resultados se apresentam no Anexo AV.2, confirmou a enorme heterogeneidade dos resíduos, descrita na bibliografia: os resíduos de embalagens são muito "heterogéneos", existindo uma enorme variedade de embalagens no mercado em termos de composição e tamanhos. (Gy, 1995) define a heterogeneidade quando as unidades num lote não são rigorosamente idênticas entre elas. Dois tipos diferentes de heterogeneidade têm sido propostos por (Gy, 1995): "heterogeneidade constituinte" (a unidade é um único elemento constitutivo) e "heterogeneidade de distribuição" (a unidade é um grupo de elementos constitutivos vizinhos). Aplicado aos resíduos de embalagens, a heterogeneidade constitucional descreve a heterogeneidade numa embalagem e a heterogeneidade de distribuição num grupo de embalagens.

Para resumir e analisar o conjunto de dados recolhidos nas campanhas de campo usou-se estatística descritiva, nomeadamente as medidas de tendência central, como a média e a mediana, e medidas de variabilidade ou dispersão, nomeadamente o desvio padrão e o desvio padrão relativo, a variância, o erro padrão da média, o valor máximo e mínimo e a gama ou amplitude da amostra, utilizando *software* Microsoft Access e/ou Microsoft Excel.

No Anexo AV.2, apresentam-se os resultados para a média, mediana, desvio padrão, desvio padrão relativo, erro padrão da média, mínimo, máximo e amplitude da amostra, para o peso líquido máximo e peso específico em contentor.

Tabela V-11: Recipientes com os melhores e piores resultados nos Indicadores de Serviço Operacionais

ISO.1 (kg) ^{97,98}						ISO.2 (kg) ¹²						ISO.3 (kg/m3)					
Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V
C11	6	C11	2	C9	317	C7	245	C7	189	C7	1538	C10.1	92	C10.1	44	C1.3	310
C10.2	37	C10.1	16	C1.1	416	C4	181	C2	143	C1.3	845	C10.3	88	C10.2	43	C7	308
C10.1	38	C10.2	20	C3'	629	C8	160	C8	124	C6	835	C10.4	81	C10.4	40	C1.1	295
C10.4	50	C10.3	22	C3	683	C5	139	C6	108	C1.4	748	C11	79	C11	39	C1.4	293
C10.3	60	C10.4	35	C1.2	824	C6	129	C4	95	C4	734	C10.2	75	C7	38	C6	278
C1.1	121	C1.1	114	C8	915	C2	112	C1.3	69	C2	721	C1.2	50	C2	36	C1.2	278
C9	203	C9	114	C1.4	948	C1.2	107	C5	69	C8	642	C7	49	C9	33	C3	254
C1.4	270	C4	190	C2	949	C3'	95	C1.2	60	C5	610	C5	46	C10.3	33	C4	245
C3'	304	C1.2	196	C4	987	C1.3	87	C3	51	C1.2	593	C3'	44	C1.2	28	C8	214
C3	323	C3	196	C1.3	1251	C1.4	79	C1.4	47	C3	520	C1.1	42	C1.1	27	C9	206
C1.3	338	C3'	200	C5'	1627	C3	73	C3'	38	C3'	423	C4	36	C1.3	25	C5	203
C4	354	C1.4	206	C6	1771	C1.1	42	C9	37	C1.1	295	C3	36	C3	25	C3'	198
C2	385	C8	323	C7	1974	C9	39	C1.1	27	C9	226	C9	35	C8	25	C2	180
C8	430	C1.3	334	-	-	C10.4	29	C10.4	14	-	-	C8	32	C5	23	-	-
C1.2	478	C2	361	-	-	C10.3	21	C10.3	8	-	-	C1.3	32	C6	22	-	-
C7	595	C7	562	-	-	C10.2	9	C10.2	5	-	-	C1.4	31	C4	19	-	-
C6	963	C6	956	-	-	C10.1	8	C10.1	4	-	-	C2	28	C1.4	18	-	-
C5'	1495	C5'	995	-	-	C11	2	C11	1	-	-	C6	26	C3'	18	-	-

ISO.1 – Peso total máximo; ISO. 2 – Peso líquido máximo; ISO.3 – Peso específico no recipiente

⁹⁷ Corresponde a uma taxa de enchimento dos recipientes de 100%.⁹⁸ Neste caso o valor apresentado não é a média mas sim o valor máximo da amostra, considerando o objectivo deste indicador.

Analisando os resultados desta análise, facilmente se confirma a variabilidade estatística das amostras resultante da heterogeneidade dos RU, pelos resultados obtidos para o desvio padrão, em particular no caso dos fluxos de papel/cartão e plástico/metall, justificada pelas diferentes densidades das embalagens e distribuição de resíduos nos recipientes, como observado por Petersen e Berg (2004). De facto, as amostras com maior heterogeneidade são as de papel/cartão, o que se justifica pela diferença dos materiais que constituem este fluxo (papel e cartão) e das embalagens que o constituem. Existe uma enorme diferença nos pesos específicos das embalagens de cartão e do papel de jornal e revistas, com valores de 28 kg/m³ e 207 kg/m³, respectivamente (Petersen e Berg, 2004), o que resulta naturalmente em médias para os pesos específicos com uma enorme variabilidade, resultante da variabilidade do conteúdo dos papelões. Esta conclusão é confirmada pela análise das observações de campo que constam nos registos mais elevados, onde é frequente a referência à presença de "revistas e jornais" ou "arquivos, livros" no conteúdo do papelão. Acresce que as embalagens de cartão de maiores dimensões atravessam-se nos equipamentos ou não são completamente compactadas antes da deposição, criando "bolsas de ar" não utilizáveis que reduz os pesos específicos registados.

No caso do embalão, os valores são intermédios em termos da variabilidade das amostras, uma vez que, apesar de também ser um fluxo constituído por dois materiais diferentes - plástico e metall, os pesos específicos deste dois materiais, com 69 e 82 kg/m³, respectivamente (Petersen e Berg, 2004), são mais próximos do que no caso do papel e cartão.

Finalmente, o vidro é o que apresenta menor heterogeneidade, confirmada pelos resultados menores para o desvio padrão relativo, considerando que neste fluxo de resíduo é admitido apenas um tipo de material. Acresce que, pela natureza das embalagens de vidro, este tipo de resíduo não cria tantos espaços vazios no interior dos recipientes, uma vez que as embalagens são mais pequenas e o seu material é quebrável, transformando-se parte do conteúdo em casco vidro (embalagens partidas), o que o torna mais homogéneo. Apesar disto, é registada alguma variabilidade nas amostras de vidro, que, de acordo com (Martinho G. , 1998), resulta das características das próprias embalagens, nomeadamente a dimensão e espessura do vidro, que originam taxas de fragmentação diferentes quando são lançadas no vidrão: quanto mais garrafas se partirem, menores serão os vazios, consequentemente, mais quantidades poderão ser introduzidas nos vidrões, aumentando a relação peso/volume. A fragmentação das embalagens depende, não só das características como, também, da maneira como são lançadas no interior do vidrão, da altura a que caem no seu interior e da forma e dimensão do próprio vidrão (Martinho G. , 1998).

A correção da amostragem seria uma possibilidade, mas nem sempre a um custo aceitável (Gy, 1995). De facto, o melhor método para melhorar os resultados seria aumentar o número de medições (ou o tamanho da amostra), mas, em termos práticos, o número de medições necessárias para reduzir a incerteza não seria praticável porque iria requerer centenas de registos para atingir uma incerteza aceitável, que seria incomportável em termos práticos ou logísticos, e financeiros.

Para concluir a análise comparativa dos recipientes na área de estudo, importa cruzar os resultados operacionais com o custo associado à aquisição de cada um, que para a área de estudo e condições de aquisição conseguidas pelas Entidades Gestoras, se podem avaliar pelos resultados obtidos para os indicadores IRF.1, IRF.2 e IRF.3, apresentados na Tabela V-12.

Tabela V-12: Indicadores de Equipamento Financeiros - Recipientes

Ref.	IRF.1 (€/ano.m³)	Ref.	IRF.2 (€/ano.m³)	Ref.	IRF.3 (€/ano.m³)
C10.4	14	C10.4	0,6	C10.4	15
C10.3	15	C10.3	0,6	C10.3	16
C9	23	C9	1,0	C9	24
C3'	26	C10.2	1,1	C3'	27
C10.2	26	C3	1,2	C10.2	28
C3	27	C1.1	1,3	C3	28
C1.1	31	C1.3	1,6	C1.1	32
C1.3	37	C10.1	1,6	C1.3	39
C10.1	38	C1.2	1,8	C10.1	39
C1.2	43	C1.4	2,0	C1.2	45
C1.4	46	C4	4,5	C1.4	48
C4	105	C8	5,7	C4	110
C8	134	C6	6,2	C8	139
C6	145	C7	7,1	C6	152
C7	166	C5	11,7	C7	173
C11	261	C2	15,5	C11	261
C5'	272	-	-	C5'	283
C5	272	-	-	C5	283
C2	360	-	-	C2	375

IRF.1 – Custo de aquisição anual por metro cúbico ; IRF. 2 – Custo de manutenção anual por metro cúbico;
IRF.3 – Custo total anual por metro cúbico

Da análise destes resultados verifica-se que, os recipientes de superfície de duas rodas de maiores capacidades (240 e 360 l), C10.3 e C10.4, embora tenham os piores resultados no indicador IRO.3, que mede a capacidade de armazenamento por metro quadrado, têm bons resultados quer no indicador do peso específico em contentor, ISO.3, quer no custo total (aquisição e manutenção) que a entidade gestora tem que suportar anualmente por cada unidade de capacidade instalada (IRF.3). Também os equipamentos de superfície com quatro rodas e 1100 l de capacidade, C9, obtêm bons resultados para este indicador de custo, que não são no entanto acompanhados por bons resultados nem no ISO.3, nem no indicador IRO.3, pelo que no conjunto dos indicadores analisados não é uma boa solução.

Com os valores de custo por unidade de capacidade útil instalada mais elevados surgem, como era de esperar, os equipamentos subterrâneos, quer pelo seu custo de aquisição quer pelo custo que a sua instalação envolve (construção civil, incluído no valor do indicador), destacando-se a solução subterrânea de plataforma de abertura e elevatória com contentores imóveis para carga lateral, C2, que é uma solução que também apresenta maus resultados para o peso específico em contentor, apesar de ser uma das melhores soluções nos indicadores de “design” e concepção, quer na capacidade de armazenamento por metro quadrado quer nas secções e alturas das bocas de deposição. De destacar o mau resultado dos sacos (C11) para os indicadores financeiros, que resulta do facto de serem consumíveis, acabando por representar um custo anual de investimento superior ao custo suportado para a instalação de equipamentos subterrâneos.

V.4.2.2 VIATURAS

Aplicando a mesma análise feita no capítulo anterior nas viaturas utilizadas nos circuitos monitorizados, e começando pelos indicadores de equipamento operacionais cujos resultados se apresentam na Tabela V-13, verifica-se que as viaturas grua de caixa aberta (V1) têm bons resultados nos dois indicadores de capacidade, quer em termos de volume (IVO.1), quer em termos de peso (IVO.2). A viatura compactadora com elevador lateral automático V5 tem o quarto melhor resultado na cubicagem (são as viaturas compactadoras com maior cubicagem), e a viatura *multilift* com compactador móvel e

grua, V6, o melhor resultado no peso líquido, de 18,2 t. Os piores resultados nestes dois indicadores são obtidos, naturalmente, nas viaturas satélite e compactadora de menor capacidade.

Em relação aos indicadores aplicáveis apenas às viaturas grua – IVO.3, IVO.4 e IVO.5, conclui-se que devem ser analisados em conjunto, uma vez que, por exemplo, a viatura V6, apesar de ter uma grua com uma capacidade máxima de carga elevada (o melhor resultado), tem depois o pior resultado quando se avalia a mesma capacidade de carga no alcance máximo da grua, que pode ser limitante se por exemplo for necessário utilizar esta viatura na recolha de contentores subterrâneos com vidro afastados do eixo da via. Pelo contrário, as viaturas compactadoras com grua e elevador de carga traseira, V7, têm os piores resultados no alcance máximo da grua (gruas telescópicas, montadas sobre a caixa) mas os melhores na carga que conseguem suportar no alcance máximo, tornando-as nas viaturas ideais para recolher contentores de grande capacidade mas a curta distância.

Finalmente, os quatro últimos indicadores operacionais das viaturas são importantes quando as vias de circulação nos centros habitacionais a servir envolvem limitações, quer na largura e raios de curvatura (e.g. ruas estreitas em centros históricos), quer na altura (arcos ou varandas salientes, por exemplo). Quando existem estas limitações, a escolha da viatura obriga ao conhecimento destes indicadores, optando-se geralmente por soluções conhecidas por viaturas “satélite”, como a V2 e a V4.

O critério de escolha obedece também muitas vezes a limitações orçamentais, pelo que os indicadores financeiros são importantes, uma vez que cruzam o custo de aquisição e manutenção com a capacidade de carga da viatura em volume (indicadores IVF.1, IVF.2 e IVF.3) e em peso (ISVF.2). Estes indicadores foram aplicados nas viaturas monitorizadas, com os resultados que se apresentam nas Tabela V-14 e Tabela V-15, que permitem concluir que são as viaturas de caixa aberta com grua V1.1 e V1.3 que apresentam os melhores resultados, quer em volume quer em peso, mesmo sem terem compactação, sendo portanto ideais em termos operacionais e financeiros para a recolha de vidro, que obriga a grandes capacidades de carga em peso mas não necessita de compactação.

A viatura grua com compactação e elevador de carga traseira V7.1 apresenta também um bom resultado em termos do custo por unidade de volume, tendo resultados intermédios no caso do peso, acontecendo o mesmo no caso da viatura compactadora com elevador automático de carga lateral, V5, sendo portanto boas soluções para os fluxos compactáveis. A viatura satélite compactadora de carga lateral V4 é a que piores resultados apresenta, quer no indicador IVF.3 quer no ISVF.2, devendo assim ser uma solução a considerar apenas quando mais nenhuma tipologia de viaturas pode ser utilizada na área a servir, por efectivas limitações de circulação. Pelo contrário, a satélite V2, sem compactação, apesar de ter um mau resultado no indicador do custo por unidade de volume tem um bom indicador no custo por unidade de peso, sendo assim uma boa opção para a recolha de vidro, que é exactamente a utilização dada pela CML.

Tabela V-13: Indicadores de Equipamento Operacionais - Viaturas

Ref.	IVO.1 (m³)	Ref.	IVO.2 (t)	Ref.	IVO.3 (m)	Ref.	IVO.4 (t)	Ref.	IVO.5 (t)	Ref.	IVO.6 (m)	Ref.	IVO.7 (m)	Ref.	IVO.8 (m)	Ref.	IVO.9 (m)
V1.5	34,0	V6	18,2	V6	15,0	V1.3	5,7	V1.1	1,1	V4	1,8	V4	5,5	V2	2,0	V2	2,8
V1.4	33,0	V1.3	14,9	V1.5	11,0	V7.1	5,2	V7.1	1,1	V2	2,0	V2	5,8	V4	2,3	V4	3,5
V1.3	25,0	V1.1	13,1	V1.2	11,0	V7.2	5,2	V7.2	1,1	V8	2,3	V3.1	6,0	V1.3	3,0	V7.1	10,0
V5	25,0	V1.4	12,7	V1.4	11,0	V7.3	5,2	V7.3	1,1	V6	2,5	V3.2	7,4	V3.2	3,4	V7.2	10,0
V6	20,0	V7.3	11,7	V1.3	10,3	V6	5,0	V1.3	1,0	V1.1	2,5	V6	7,9	V3.1	3,5	V7.3	10,0
V1.2	20,0	V5	10,7	V1.1	7,8	V1.5	4,3	V1.5	0,8	V1.3	2,5	V5	8,1	V7.2	3,7	V1.1	11,5
V7.3	20,0	V1.2	8,9	V7.3	5,2	V1.2	4,3	V1.2	0,8	V3.1	2,5	V8	11,4	V5	3,9	V1.3	14,0
V3.3	16,0	V1.5	7,8	V7.2	5,2	V1.4	4,3	V1.4	0,8	V7.1	2,5	-	-	V1.1	4,0	-	-
V7.2	16,0	V3.2	7,0	V7.1	5,2	V1.1	3,3	V6	0,7	V7.3	2,5	-	-	V3.3	4,0	-	-
V3.2	15,0	V7.2	7,0	-	-	-	-	-	-	V7.2	2,5	-	-	V7.1	4,0	-	-
V1.1	15,0	V7.1	6,4	-	-	-	-	-	-	V5	2,5	-	-	V7.3	4,0	-	-
V7.1	15,0	V3.3	5,8	-	-	-	-	-	-	V3.2	2,5	-	-	-	-	-	-
V3.1	11,0	V2	5,0	-	-	-	-	-	-	V3.3	2,6	-	-	-	-	-	-
V2	7,0	V3.1	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V4	4,5	V4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

IVO.1 – Volume da caixa (cubicagem); IVO.2- Peso líquido máximo; IVO.3 – Alcance máximo da grua; IVO.4 – Capacidade máxima da grua; IVO.5 – Capacidade de carga no alcance máximo da grua; IVO.6 – Largura da viatura; IVO.7 – Raio de curvatura; IVO.8 – Altura de circulação; IVO.9 – Altura de operação.

Tabela V-14: Indicadores de Equipamento Financeiros – Viaturas

Ref.	IVF.1 (€/ano.m³)	Ref.	IVF.2 (€/ano.m³)	Ref.	IVF.3 (€/ano.m³)
V1.3	696	V1.3	122	V1.3	818
V7.1	865	V1.1	252	V1.1	1139
V1.1	887	V7.3	525	V7.1	1565
V3.2	1142	V2	557	V5	1759
V5	1174	V3.3	581	V3.2	1762
V7.2	1232	V5	585	V7.3	1769
V3.3	1242	V3.2	620	V3.3	1823
V7.3	1244	V7.2	669	V7.2	1901
V3.1	1382	V7.1	700	V2	2145
V4	1484	V3.1	845	V3.1	2228
V2	1588	V4	867	V4	2350

Tabela V-15: Indicador de Serviço Financeiro - Viaturas

Ref.	ISVF.2 (€/ano.t)
V1.1	1304
V1.3	1373
V2	3004
V7.3	3024
V3.2	3790
V7.1	3912
V5	3970
V7.2	4261
V3.3	4998
V3.1	5106
V4	21154

IVF.1 – Custo de aquisição da viatura por unidade de volume; IVF.2 – Custo de manutenção da viatura por unidade de volume; IVF.3 – Custo total da viatura por unidade de volume; ISVF.2 – Custo total da viatura por unidade de peso

V.4.2.3 SISTEMAS DE RECOLHA

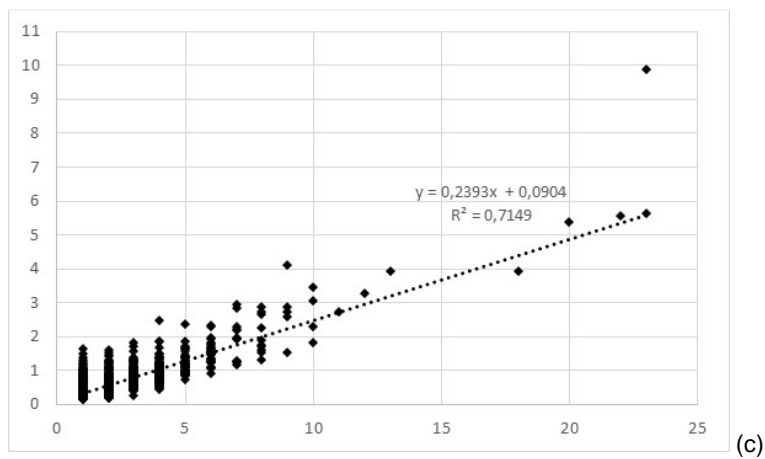
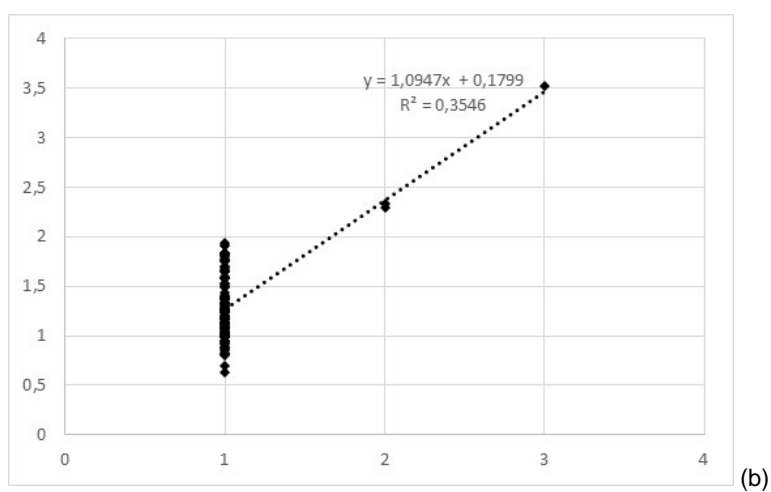
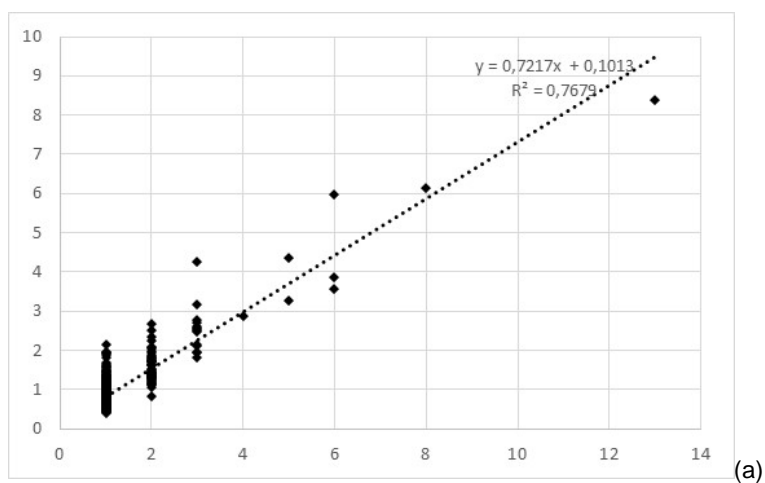
Finalmente, para analisar o conjunto dos recipientes e contentores, os indicadores de serviço relativos ao sistema de recolha selecionados para esta análise global de *benchmarking*, são os que se apresentam na Tabela V-16. Em relação aos indicadores operacionais de serviço, apesar de dependerem todos da área geográfica de onde os dados para o seu cálculo são recolhidos, importa separar os que não dependem do planeamento dos circuitos, mas apenas dos equipamentos utilizados, que permitem fazer uma análise de *benchmarking*, mesmo obrigando à contextualização dos resultados à área de estudo. É esta análise que se irá fazer a seguir.

Uma das variáveis que se pretende otimizar no planeamento e gestão do serviço de recolha é o tempo, sendo o tempo que a operação de recolha de um recipiente demora uma das variáveis de *input* solicitadas pelos *softwares* de optimização de circuitos, que é muito variável e que nem sempre é conhecida. Esta variável é medida pelo indicador ISO.4, cujos resultados apontam para os sistemas manuais (C11V4), assistidos (C10V3, C9V3) e automáticos (C1V45), como os mais rápidos, ficando os sistemas semi-automatizados, que utilizam a recolha com grua, com os piores resultados. Claramente neste caso existe uma claríssima relação entre o resultado do indicador e uma característica de classificação taxonómica: o sistema de engate contentor-viatura e consequentemente o método de recolha, mostra que a utilização de elevadores (manuais ou automáticos) torna a operação muito mais rápida que a utilização de gruas.

Considerando que nos sistemas manuais e assistidos geralmente são recolhidos mais do que um contentor por ponto de recolha, e que o indicador ISO.4 é unitário (isto é, relativo à recolha de um recipiente), foi aplicada uma análise de regressão para determinar a sua variação em função número de contentores nestes três sistemas, tendo a linearidade da relação entre os recipientes e tempo de recolha sido examinada com base nos gráficos de dispersão da Figura V-137, analisados por meio do coeficiente de determinação R^2 . Os resultados rejeitam a relação com o número de recipientes recolhidos apenas no caso do sistema que utiliza a viatura satélite sem compactação com grade, C9V2. De facto, cerca de 71% do tempo de esvaziamento pode ser explicado pelo número de recipientes, o que reflecte que quanto maior o número de recipientes recolhidos, maior o tempo gasto recolhendo-os. Para o sistema C9V2, utilizado apenas na recolha de vidro, os resultados parecem indicar que outras variáveis podem influenciar o tempo de recolha.

Para medir o desempenho operacional dos sistemas, o tempo de recolha unitário deve ser abordado pelo volume máximo e peso máximo recolhido por unidade de tempo, que se mediram pelos indicadores ISO.5 e ISO.6, respectivamente, cujos resultados (Tabela V-16) são centrais para a análise de *benchmarking* da eficiência operacional dos diferentes sistemas.

Em geral, o sistema C1V5 foi o que melhor desempenho apresentou, tanto para o volume máximo como para o peso recolhido por minuto, para todos os fluxos de resíduos, com valores entre 1,18 (papel/cartão e plástico/metall) e 3,89 m³/min (vidro) para o ISO.5, e entre 60 (para o plástico/metall) e 1161 kg/min (vidro) para o ISO.6. A exceção foi para o plástico/metall, onde o sistema C2V5 teve um resultado melhor. Ambos os sistemas são totalmente automatizados, sendo o C1V5 de superfície e o C2V5 subterrâneos, o que indica que os resultados elevados de performance operacional em termos de tempo de recolha para estes sistemas está associada à sua tecnologia. Em contrapartida, os sistemas menos avançados tecnologicamente, como os manuais e assistidos, ficam classificados em posições inferiores, com valores de 0,26 m³/min e 21 e 11 kg/min (papel/cartão e plástico/metall, respectivamente), mesmo com tempos de recolha unitários baixos, porque a quantidade de resíduos recolhidos é pequena. Os sistemas semi-automáticos, com grua, têm valores intermédios, porque compensam os elevados tempos de recolha unitários com maiores quantidades recolhidas (em peso e em volume).



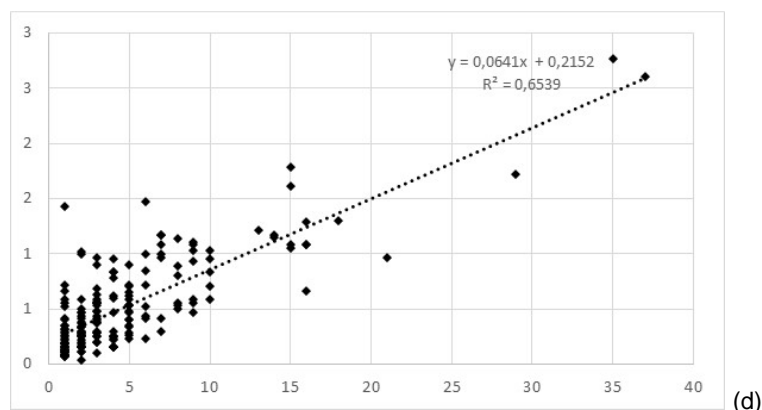


Figura V-137: Análise de regressão linear do tempo de recolha e número de recipientes recolhidos:

(a) – Sistema C9V3; (b) – Sistema C9V2; (c) – Sistema C10V3; (d) Sistema C11V4

Tal como para os indicadores que resultaram das campanhas de pesagem de contentores, as amostras dos registos dos tempos de recolha recolhidas durante as campanhas de monitorização dos circuitos, com uma dimensão muito superior, foram também sujeitas a uma análise estatística, apresentando-se os resultados desta análise para os indicadores ISO.4, ISO.5 e ISO.6 nas no Anexo AV.2.

Finalmente, em relação ao indicador ISO.32, e como esperado, os melhores resultados surgem nos sistemas automáticos C1V5 e C2V5, onde é necessário apenas um operador, tendo-se registado também a utilização de um operador no sistema de recolha semi-automático C4V1, onde o motorista saía da viatura no momento da recolha dos contentores. No outro extremo ficam os sistemas manuais e assistidos, C9V2, C9V3, C10V3 e C11V4, com equipas de três funcionários, sendo assim sistemas que associam uma baixa performance operacional (maus resultados nos indicadores ISO.5 e ISO.6) a uma grande exigência de pessoal.

Os bons resultados dos sistemas automáticos, associados a equipas mono-operador torna-os bastante atraentes, no entanto, estes resultados devem analisados em conjunto com os indicadores financeiros, considerando que se espera que a automatização obrigue a equipamentos mais sofisticados e portanto mais caros. De facto, o indicador ISFF.3, que se apresenta na Tabela V-17, e que resulta do somatório dos custos anuais de aquisição e de manutenção do sistema (contentores e viaturas), permite concluir que o sistema automático C1V5 é o que maior investimento obriga às Entidades Gestoras, com um custo entre 54 312 e 55 782 €/ano. Os sistemas que utilizam contentores de duas rodas e viatura satélite C9V2 são os mais baratos, no entanto, este indicador não pode ser analisado isoladamente, importa cruzar com a quantidade recolhida por ano, de forma a estimar em quanto tempo se amortizam estes investimentos.

Tabela V-16: Indicadores de Serviço Operacionais - Sistemas

		ISO.5 (m³/min)				ISO.6 (kg/min)							
Ref.	ISO.4 (min)	Ref.	P/C e P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	ISO.32 (n.º func)
C11V4	0,2	C1.1V5	1,18	C1.3V5	3,89	C1.2V5	133	C2V5	68	C1.3V5	1161	C1V5	1
C10V3	0,5	C4V1	1,18	C1.4V5	3,38	C1.3V5	111	C1.3V5	67	C1.4V5	953	C2V5	1
C1V5	0,8	C8V7	1,11	C1.2V5	2,76	C1.4V5	103	C1.2V5	60	C1.2V5	702	C4V1	1
C9V3	0,8	C3'V1	1,04	C2V5	2,04	C10.4V3	63	C1.4V5	53	C2V5	367	C3V1	2
C9V2	1,4	C3V1	1,00	C1.1V5	1,20	C2V5	62	C9V3	44	C1.1V5	343	C3V6	2
C3V7	1,7	C7V1	0,98	C3'V1	1,09	C10.3V3	62	C7V1	35	C3V1	267	C3V7	2
C2V5	2,0	C4V7	0,93	C3V1	1,05	C3'V7	52	C6V1	33	C6V1	242	C4V7	2
C3V1	2,1	C3'V6	0,88	C6V6	0,88	C7V1	50	C6V6	32	C6V6	240	C5V1	2
C3V6	2,6	C3V6	0,85	C6V1	0,88	C1.1V5	50	C3V7	32	C7V1	233	C6V1	2
C6V6	3,5	C10.4V3	0,78	C9V2	0,87	C9V3	48	C1.1V5	31	C3'V1	218	C6V6	2
C6V1	3,6	C10.3V3	0,75	C7V1	0,76	C4V6	45	C10.4V3	31	C4V1	182	C7V1	2
C4V6	4,1	C5V1	0,55	C4V1	0,74	C3'V1	42	C3V1	27	C9V2	177	C8V1	2
C4V1	4,3	C10.2V3	0,45	C8V1	0,62	C4V1	42	C8V7	26	C4V7	145	C8V7	2
C8V7	4,7	C11V4	0,29	C4V7	0,60	C3V7	41	C3'V7	24	C8V1	133	C9V2	3
C8V1	5,0	C10.1V3	0,26	C5V1	0,53	C8V7	38	C10.3V3	24	C5'V1	112	C9V3	3
C4V7	5,3	-	-	-	-	C6V6	37	C3V6	22	C5V1	90	C10V3	3
C7V1	5,9	-	-	-	-	C3'V6	37	C4V1	22	-	-	C11V4	3
C5V1	5,9	-	-	-	-	C5'V1	37	C3'V1	20	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C6V1	35	C10.2V3	18	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C4V7	34	C4V7	18	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C3V1	33	C3'V6	17	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C10.2V3	32	C5V1	12	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C3V6	29	C10.1V3	11	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C11V4	21	C11V4	11	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C10.1V3	21	C5'V1	8	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	C5V1	18	-	-	-	-	-	-

ISO. 4 – Tempo de recolha unitário; ISO.5 – Capacidade recolhida por unidade de tempo; ISO.6 – Peso máximo recolhidos por unidade de tempo; ISO.32 – Dimensão da equipa de recolha

Tabela V-17: Indicador de Serviço Financeiro - Sistemas

Ref. ⁹⁹	ISFF.3 (€/ano)
C9V2	16137
C11V4	17233
C3V1	20942
C4V1	23552
C7V1	27977
C8V1	28202
C6V1	29189
C10V3	29305
C9V3	32215
C3V7	35432
C8V7	38755
C4V7	42600
C1V5	54312
C1V5'	55782

A análise dos indicadores operacionais de sistema ficará completa se forem incluídos os indicadores que resultam do planeamento e especificidades dos circuitos de recolha monitorizados, tratando-se assim de indicadores dedicados essencialmente ao planeamento e monitorização de circuitos. Destes indicadores, que vão desde o ISO.8 até ao ISO.31, destaca-se no âmbito desta análise global de *benhchmarking* dos sistemas quatro indicadores que, mesmo dependendo da área de estudo e do circuito de recolha monitorizado (e que portanto não podem ser extrapolados para tirar conclusões sobre a eficiência operacional ou financeira dos circuitos), se referem apenas à fase de recolha efectiva, excluindo assim as fases de transporte e não produtivas e assim reduzindo os efeitos locais.

Tratam-se dos indicadores ISO.9, ISO.10, ISO.13 e ISO.14, que relacionam a quantidade recolhida (em peso e em volume) com o tempo e distância de recolha efectiva, cujos resultados se apresentam na Tabela V-18. Analisando os quatro indicadores de forma global, verifica-se que o sistema C6V6 obtém bons resultados em quase todos os indicadores nos três fluxos de resíduos, ficando sempre entre os três melhores, excepto no indicador ISO.14 na recolha de plástico/metal e vidro, onde fica em quarto lugar. Trata-se de um sistema

Analisando agora os dois indicadores que relacionam a quantidade em peso com o tempo e distância de recolha efectiva, ISO.9 e ISO.10, também se podem destacar os sistemas C10V3 na recolha de papel/cartão em ambos os indicadores, e os sistemas C1V5 (sistema de recolha automático com contentores imóveis de superfície e compactador de carga lateral) e C7V1 (sistema de recolha semi-automático de recipientes de plataforma hidráulica e viatura grua de caixa aberta) no caso do indicador ISO.9.

Com piores resultados no ISO.9, destaca-se o sistema manual de recolha de sacos com satélite C11V4, e em ambos os indicadores o sistema de recolha de contentores subterrâneos de plataforma a gás e viatura compactadora com grua e elevador traseiro. No indicador ISO.8 destaca-se também com maus resultados o sistema C3V1, de recolha de contentores de superfície com argola simples com viatura grua de caixa aberta, um dos mais utilizados na recolha de ecopontos em Portugal.

⁹⁹ C1V5 - sistemas automáticos que utilizam toda a gama de contentores – zonas “rurais”; C1V5' - sistemas que utilizam apenas os contentores de maiores capacidades – zonas urbanas.

Fazendo a mesma análise, mas agora para o volume (indicadores ISO.13 e ISO.14), verifica-se que o sistema de recolha automático de carga lateral C1V5 se destaca com o melhor resultados nos três fluxos de resíduos no volume recolhido por minuto de recolha efectiva, tendo valores intermédios no volume recolhido por quilómetro de recolha efectiva (excepto no vidro, onde também tem bons resultados). De destacar o sistema C6V1 no ISO.13 e o sistema C7V1, que se destaca novamente, desta vez no ISO.14.

Com piores resultados volta a surgir o sistema de recolha manual C11V4, destacando-se também os sistemas assistidos C10V3 (no ISO.13) e C3V1 (no ISO.14) e o sistema semi-automático C8V7 (em ambos os indicadores, no caso do plástico/metal).

Tabela V-18: Indicadores de Serviço Operacionais (de Circuito) - Sistemas

Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V	Ref.	P/C	Ref.	P/M	Ref.	V
ISO.9 (kg/min)						ISO.10 (kg/km)					
C10V3	27,7	C6V6	21,8	C6V6	96,2	C10V3	524	C7V1	309	C6V6	666
C6V6	23,2	C7V1	15,9	C7V1	81,9	C6V6	231	C6V6	178	C6V1	407
C4V1	17,8	C1V5	12,5	C6V1	54,2	C4V1	207	C10V3	131	C1V5	236
C1V5	16,8	C6V1	10,9	C1V5	43,2	C7V1	174	C4V7	109	C8V1	230
C7V1	16,0	C10V3	10,3	C3V1	40,2	C4V6	173	C4V1	95	C9V2	208
C6V1	12,9	C9V3	9,1	C9V2	36,6	C11V4	142	C6V1	90	C4V7	171
C3V6	12,8	C3V7	8,7	C8V1	32,3	C1V5	110	C11V4	81	C3V1	130
C4V6	12,3	C4V7	7,5	C4V7	13,8	C3V6	103	C1V5	72		
C3V1	11,2	C4V1	6,8			C6V1	88	C3V7	55		
C3V7	11,0	C3V1	5,7			C4V7	82	C9V3	47		
C8V7	7,4	C3V6	5,5			C3V7	69	C3V1	36		
C4V7	6,7	C8V7	5,4			C3V1	68	C8V7	23		
C9V3	6,1	C11V4	3,9			C9V3	40	C3V6	20		
C11V4	5,7					C8V7	36				
ISO.13 (m³/min)						ISO.14 (m³/km)					
C1V5	0,93	C1V5	0,99	C1V5	1,01	C7V1	9,0	C7V1	10,7	C7V1	7,9
C6V6	0,79	C6V6	0,93	C6V6	0,64	C6V6	8,3	C4V7	8,9	C1V5	5,6
C6V1	0,69	C6V1	0,69	C6V1	0,49	C4V6	8,2	C4V1	8,6	C4V7	4,9
C4V7	0,62	C3V7	0,66	C7V1	0,42	C4V7	7,6	C6V6	7,7	C6V6	4,3
C4V1	0,60	C4V1	0,63	C4V7	0,40	C4V1	7,0	C1V5	6,2	C6V1	3,6
C4V6	0,59	C4V7	0,62	C3V1	0,32	C10V3	6,7	C6V1	5,6	C8V1	2,3
C7V1	0,54	C7V1	0,53	C8V1	0,32	C1V5	5,8	C10V3	4,3	C9V2	1,6
C8V7	0,51	C9V3	0,42	C9V2	0,28	C6V1	4,7	C3V7	4,1	C3V1	1,1
C3V7	0,50	C3V6	0,41			C3V7	3,1	C3V6	3,3		
C9V3	0,48	C3V1	0,39			C9V3	3,0	C3V1	2,7		
C3V6	0,37	C10V3	0,35			C3V6	2,9	C9V3	2,1		
C10V3	0,36	C8V7	0,34			C8V7	2,5	C11V4	1,6		
C3V1	0,32	C11V4	0,08			C3V1	2,4	C8V7	1,5		
C11V4	0,06					C11V4	1,5				

Concluindo, o sistema C6V6 obtêm bons resultados para estes indicadores nos três fluxos de resíduos, que resultará, para além dos aspectos específicos do equipamento em questão, também do facto de se tratar de circuitos concentrados em zonas densas, isto é, em zonas em que a capitação por metro quadrado permite a instalação de conjuntos de contentores com capacidades grandes a distâncias pequenas. O sistema automático de carga lateral destaca-se no indicador que relaciona o volume recolhido com o tempo de recolha efectiva, que resulta da combinação dos pequenos tempos de recolha unitários com os recipientes de capacidades médias e também de serem circuitos realizados essencialmente em zona urbana. O sistema semi-automático de recolha de contentores subterrâneos de plataforma hidráulica com viatura de caixa aberta destaca-se no indicador que relaciona o volume com a distância de recolha, que resulta, entre outros factores, de serem circuitos onde os recipientes estão concentrados numa área pequena, reduzindo assim as distâncias de recolha entre contentores e portanto a distância de recolha efectiva.

Finalmente, em relação aos indicadores financeiros de sistema, que relacionam as variáveis de custo – aquisição, manutenção, recursos humanos e combustível, com a quantidade recolhida, obtidos pelo

quociente dos custos anuais que as entidades gestoras suportam com as quantidades máximas potenciais que podem recolher com cada um dos sistemas avaliados (obtida pelas quantidades médias recolhidas por circuito para cada sistema e fluxo de resíduo), fez-se uma análise dos pesos percentuais de cada uma das rubricas de custo, cujo resultado se apresenta na Tabela V-20.

Analisando antes os valores em termos absolutos, que se apresentam na Tabela V-19, verifica-se que os custos anuais totais por tonelada recolhida médios (para todos os sistemas) variam entre 61 €/t.ano para a recolha de vidro e 277 €/t.ano para a recolha de embalagens de plástico/metal.

O sistema com os custos totais anuais por tonelada recolhida mais baixos é o sistema automático de recolha lateral, C1V5, com valores de 26, 49, 74 e €/t.ano para a recolha de vidro, papel/cartão, plástico/metal e, respectivamente. O mais caro é, de longe, o sistema manual com sacos e viatura satélite C11V4, com valores de 732 e 1109 €/t.ano para o papel/cartão e plástico/metal, respectivamente. De referir o sistema assistido C10V3 e o sistema semi-automático C3V7 que também têm resultados de custo total por tonelada baixos.

Em termos dos pesos percentuais que cada parcela de custo tem nestes resultados (Tabela V-20), conclui-se que os custos de exploração (ISSF.8) são muito superiores aos custos de aquisição do sistema, o que obriga a que a decisão sobre a selecção de um determinado sistema de recolha, quando baseada em critérios financeiros, deve ser feita para o tempo de vida útil do sistema e não apenas para o custo de investimento, o que nem sempre acontece, uma vez que as entidades gestoras se focam habitualmente no valor do investimento inicial.

De facto, os custos com recursos humanos têm um peso muito considerável (em média representam 61% dos custos totais), pelo que na opção por um determinado sistema de recolha, o sistema de engate contentor-viatura, que define o método de recolha e assim a necessidade em termos de pessoal é determinante, o que acaba por consolidar a opção de basear a classificação taxonómica dos sistemas nesta característica de compatibilidade contentor-viatura.

Os custos com combustíveis ocupam o segundo lugar nos custos de exploração, com uma média de 18%, sendo assim também importante avaliar os consumos de combustível por quilómetro e por tonelada recolhida. A aquisição e manutenção dos equipamentos que constituem os sistemas representam no seu conjunto 21% dos custos totais anuais.

Tabela V-19: Indicadores de Serviço Financeiros (de Circuito) - Sistemas

Sistema e Fluxo	Quant. Máx. Potencial/Ano (t/ano)	Indicadores de Serviço de Sistema Financeiros (€/ano.t)					
		ISSF.4	ISSF.5	ISSF.6	ISSF.7	ISSF.8	ISSF.9
P/C	1394	22	8	122	25	172	193
C1V5	3166	13	5	16	16	37	49
C3V1	976	18	3	90	28	121	139
C3V6	2177	-	-	40	16	-	-
C4V1	882	23	4	100	23	-	-
C4V6	726	-	-	121	-	-	-
C4V7	945	34	12	93	22	127	160
C6V6	810	-	-	109	-	-	-
C3V7	1955	13	5	45	16	66	79
C8V7	838	33	13	105	39	157	191
C9V3	1675	13	6	76	27	108	121
C10V3	2366	8	4	53	11	68	77
C11V4	206	43	19	615	56	689	732
P/M	972	28	11	190	33	234	277
C1V5	2094	19	7	24	24	55	74
C3V1	438	40	7	201	-	-	-
C3V6	845	-	-	104	39	144	-
C4V1	363	55	9	243	-	-	-
C4V7	1070	30	10	82	17	110	140
C6V6	1170	-	-	75	-	-	-
C3V7	1558	13	7	57	20	84	96
C8V7	567	33	19	155	61	236	269
C9V3	1549	13	6	82	25	113	126
C10V3	1402	8	7	90	17	114	123
C11V4	130	43	30	976	61	1.066	1.109
V	3483	9	3	34	9	47	61
C1V5	5946	7	3	8	8	19	26
C3V1	3663	5	1	24	8	33	38
C4V7	1815	17	6	49	11	66	83
C6V6	3379	-	-	26	-	-	-
C8V1	3254	8	1	27	6	34	41
C9V2	1363	9	3	93	11	107	115

Tabela V-20: Pesos percentuais das parcelas de custo no custo total, por tonelada.

Sistema e Fluxo	Indicadores de Serviço de Sistema Financeiros (€/ano.t)				
	ISSF.4	ISSF.5	ISSF.6	ISSF.7	ISSF.8
P/C	15%	6%	60%	19%	85%
C1V5	26%	10%	32%	33%	74%
C3V1	13%	2%	65%	20%	87%
C4V7	21%	7%	58%	14%	79%
C3V7	16%	7%	57%	20%	84%
C8V7	17%	7%	55%	21%	83%
C9V3	11%	5%	63%	22%	89%
C10V3	11%	5%	70%	14%	89%
C11V4	6%	3%	84%	8%	94%
P/M	13%	6%	62%	18%	87%
C1V5	26%	10%	32%	33%	74%
C4V7	21%	7%	59%	12%	79%
C3V7	13%	7%	59%	21%	87%
C8V7	12%	7%	58%	23%	88%
C9V3	10%	5%	65%	20%	90%
C10V3	7%	5%	74%	14%	93%
C11V4	4%	3%	88%	5%	96%
V	17%	5%	60%	18%	83%
C1V5	26%	10%	33%	31%	74%
C3V1	13%	2%	63%	22%	87%
C4V7	21%	7%	58%	13%	79%
C8V1	18%	3%	66%	14%	82%
C9V2	8%	3%	80%	9%	92%

ISSF.4 – Custo anual de aquisição do sistema por tonelada; ISSF.5 – Custo anual de manutenção do sistema por tonelada; ISSF.6 – Custo anual com recursos humanos por tonelada; ISSF.7 – Custo anual com combustíveis por tonelada; ISSF.8 – Custo anual de exploração do sistema por tonelada (Somatório do ISSF.5, ISSF.6 e ISSF.7)

V.4.3 DADOS BASE E VALORES DE REFERÊNCIA

Muitos dos resultados obtidos podem ser utilizados como dados base em projectos de concepção e dimensionamento de sistemas de recolha, com a vantagem de serem específicos dos equipamentos ou sistemas e apresentados para os três fluxos de resíduos, uma informação que não está disponível na bibliografia, destacando-se o peso e volume líquido máximo dos recipientes, os tempos de recolha unitários e o peso específico em contentor. Para este último importa fazer uma análise crítica dos valores obtidos cruzando-os os valores encontrados durante a pesquisa bibliográfica, quer por terem contrariado alguns pressupostos vulgarmente assumidos, quer pela sua importância (permite a conversão de volume em peso), quer pelos resultados obtidos na análise estatística.

Desta análise, que se apresenta na Tabela V-21, verifica-se que no caso do fluxo de papel/cartão, os valores de 28 kg/m³, apresentado por Petersen e Berg (2004), e 82 kg/m³, indicado por Tchobanoglous *et al.* (1993), confirmam a ordem de grandeza dos valores obtidos neste trabalho, com uma média de 50 kg/m³. Para o tipo taxonómico e capacidade do contentor indicada em Petersen e Berg (2004), o recipiente mais próximo seria o contentor de superfície de 360 l, onde se registou uma média de 81 kg/m³ que é superior ao valor obtido, o que pode resultar da presença de jornais e revistas, que fazem aumentar o valor do peso específico, tal como se pode observar pelos valores bibliográficos apresentados.

Para o fluxo de embalagens de plástico/metal não se encontrou nenhum valor bibliográfico, sendo no entanto possível comparar com os valores indicados separadamente para o plástico e para o metal também por Petersen e Berg (2004) e Tchobanoglous *et al.* (1993), verificando-se que o valor obtido para o recipiente C10.4, de 42 kg/m³ é inferior ao valor indicado quer para as embalagens de metal, quer para as de plástico, assim como para o valor indicado para recicláveis misturados (“comingled”). Para o vidro, pelo contrário, os valores bibliográficos indicados em Bogh, Mikkelsen e Wøhlk (2014), Petersen e Berg (2004) e Martinho (1998), que variam entre 200 e 297 kg/m³ confirmam os valores obtidos, com uma média de 262 kg/m³.

Concluindo, da heterogeneidade registada nas amostras, os resultados da média dos pesos específicos por fluxo de resíduo, independentemente dos recipientes, são consistentes com os dados bibliográficos, excepto no caso do plástico/metal, onde os valores são abaixo do esperado. Os valores da média e mediana apresentados, apesar da sua variabilidade, são úteis por se referirem aos três fluxos de resíduos separados tradicionalmente em muitos países, e não apenas aos materiais em separado, que surgem mais facilmente na bibliografia. No caso do papelão, os resultados podem induzir a uma maior prevalência de cartão (embalagem) do que de papel (jornais/revistas). No embalão, induzem a uma maior prevalência de embalagens de plástico do que de metal, o que facilmente se poderá confirmar pela caracterização de resíduos da zona.

Tabela V-21: Dados bibliográficos do peso específico no recipiente

Fonte	Acrónimo	Cap. (l)	Peso Específico (kg/m3)							
			"Emb. Plástico"	"Emb. Metal"	"Emb. papel"	"Revistas/jornais"	"Papel"	"Vidro"	("Energy waste") ^a	("Comingled") ^b
Tchobanoglous <i>et al.</i> (1993)	(Diversos)	-	64	237	82					
Nieminen e Isoaho (1995); Tanskanen (1997) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	S,WW,WoC,LiF	120					200		105	
Nieminen e Isoaho, 1995; Tanskanen (1997) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	S,WW,WoC,LiF	240					200		95	120-140
Petersen, 2004	S,WW,WoC,LiF	370	69,1	81,7	27,8					
Nieminen e Isoaho, 1995; Tanskanen (1997) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	S,WW,WoC,LiF+LiS	600					200		85	110-130
Gomes <i>et al.</i> , 2008	S,WW,WoC,LiF+LiS	800								
Petersen, 2004	S,I,WoC,C1R	1600-3600						297		
Molok (1998) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	SU, WoC,EC,C1R	1300					260		70	
Molok (1998) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	SU, WoC,EC,C1R	3000					260		70	
Molok (1998) citado em Tanskanen e Kaila (2001)	SU, WoC,EC,C1R	5000					260		70	
Bogh, Mikkelsen e Wøhlk, (2014)	S,I,WoC,C2R	1650					150	200		
Petersen e Berg (2004)	(Ecocentro)	6000-8000				206,7				
Martinho (1998)	S,I,WoC,C2R	1500-2500						201,5		

^a Resíduos combustíveis não recicláveis; ^b Recicláveis misturados

Concluindo, na presença de dados sobre a caracterização dos resíduos da área em estudo, os técnicos podem optar por usar um valor para o peso específico dentro do intervalo aqui apresentado para cada tipo taxonómico de recipiente, em vez do valor médio, em função da composição esperada.

Em relação aos tempos de recolha unitários, considerando a importância deste indicador nos resultados apresentados, importa também fazer uma análise crítica dos resultados face aos valores bibliográficos (Tabela V-22), por tipo taxonómico de recipiente. De facto, tal como é destacado em Sonesson (2000), esta variável não se encontra disponível na literatura, apesar de ser um dos *inputs* solicitados pelos *softwares* de optimização de circuitos.

Tabela V-22: Dados bibliográficos de tempos de recolha unitários do recipiente

Fonte	Acrónimo	Cap. (l)	Tempo Recolha (min)
Tchobanoglous <i>et al.</i> (1993)	Sistema "mecanizado"	<i>diversas</i>	0,48 - 3
Karadimas, Papatzelou e Loumos (2007)	Sem informação	<i>Sem Inf.</i>	0,55
Moreira (2008)	S,WW,WoC,LiF+LiS	1100	0,7
Gomes (2009)		1100	0,9
Sonesson, (2000)		<i>diversas</i>	0,9
Moreira (2008)	S,WW,WoC,LiF	240	0,4
Gomes (2009)		240	0,4
Moreira (2008)		140	0,5
Moreira (2008)		120	0,6
Moreira (2008)		5000	4,9
Moreira (2008)	SU, WoC,EC,C1R	2400	0,9
Gomes (2009)		2400	1,0
Moreira (2008)		3200	1,0
Gomes (2009)	S,I,WoC,C1R	2500	1,5

Cruzando estes valores com os indicados na Figura V-38 e na Tabela V-16, verifica-se que para o sistema assistido onde a recolha é feita com elevador manual *S,WW,WoC,LiF* (recipientes com duas rodas e apoios frontais), os tempos de recolha coincidem com o valor obtido (C10V3 tem um tempo de recolha de 0,5 min). Também no caso dos recipientes *S,WW,WoC,LiF+LiS* os valores indicados são coincidentes, com 0,8 min para o C9V3, apesar do valor de 1,4 min no sistema C9V2 (com viatura satélite) ultrapassar um pouco os valores indicados. O mesmo se passa nos sistemas automáticos (*S,I,WoC,LiS*), onde os valores bibliográficos se aproximam muito do valor médio apurado, de 0,8 min. Para os sistemas semi-automáticos a informação bibliográfica é muito mais escassa, verificando-se que o valor apurado para os sistemas que utilizam os recipientes *S,I,WoC,C1R*, de 2,2 min, é bastante superior ao indicado por Gomes (2009), que se pode justificar pela utilização de critérios diferentes durante o registo destes tempos ou da constituição da equipa diferente (um motorista que tem que sair da viatura ou um motorista e um cantoneiro, informação que não é indicada pelo autor). Finalmente, no caso dos sistemas semi-automáticos que recolhem contentores semi-subterrâneos (*SU,WoC,EC,C1R*) o único valor bibliográfico encontrado comprova o valor médio registado, de 4,7 min (existe uma diferença de apenas 0,2 min).

Apesar de Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) defenderem que, nos sistemas estacionários os tempos de recolha unitários dependem da capacidade dos contentores, a análise dos resultados obtidos no presente trabalho rejeita esta afirmação, concluindo-se que os tempos de recolha não dependem da capacidade recolhida mas do tipo de mecanização e sistema de acoplamento contentor-viatura. De facto, por exemplo nos sistemas semi-automáticos, o número de operações que envolve um "ciclo" de recolha de um contentor com grua de 2500 l ou de 5000 l é o mesmo, se o sistema de engate for o mesmo. Outro exemplo são os elevadores automáticos, em que a programação do ciclo de recolha robotizado tem exactamente a mesma duração para contentores de 1000, 2400 ou 3200 l, alterando-se apenas a programação do elevador na distância entre os dois braços (parametrizável). De

facto, apenas nos sistemas de recolha assistida ou manual se poderá justificar alguma influência da capacidade dos recipientes nesta variável, que será sempre inferior à influência do método de engate e elevação do contentor pela viatura (se é frontal, com pente ou lateral, com barras) e que dependerá também de outras variáveis como a distância do ponto de recolha à viatura, idade dos operadores, entre outras.

Considerando a comparação com os valores bibliográficos e resultados da análise estatística, conclui-se que os valores obtidos no presente trabalho constituem valores de referência que podem ser utilizados pelos técnicos na concepção e dimensionamento de sistemas de recolha, assim como servir de base ao cálculo dos indicadores de *benchmarkt* apresentados também nesse trabalho, que podem ser assim utilizados pelos decisores na selecção dos sistemas. Finalmente, este indicador deve ser minimizado pelos fabricantes de equipamentos na sua concepção, considerando a importância que tem no desempenho dos sistemas de recolha (o tempo de recolha efectiva representa entre 52 a 63 % em tempo do total do circuito, podendo o tempo consumido na recolha de contentores representar mais de 50% do tempo de recolha efectivo, tal como se pode concluir pela análise da Figura V-87).

Em relação aos resultados para os indicadores financeiros, apesar de se destacarem os recursos humanos, o consumo de gasóleo tem também um peso considerável nos custos totais, que pode ser validado na bibliografia. Considerando que o custo de gasóleo por l varia ao longo do tempo e com as condições de mercado de cada país, foram analisados os valores dos consumos de gasóleo aos 100 km, que confirmaram os valores indicados. Por exemplo, Nguyen e Wilson (2010) apresentam valores para o consumo médio de gasóleo aos 100 quilómetros, para viaturas compactadoras de carga traseira entre 31,3 e 35,7 l/100km e Tanskanen e Kaila (2001) apresentou um valor mais baixo de apenas 25,0 l/100km, ambos referentes aos consumos em andamento (sem considerar os consumos quando a viatura está parada a recolher, que faria aumentar estes valores). Já em Matos (2010) apresenta-se um consumo médio de 49 l/100km, das viaturas de recolha do município de Viseu e em Moreira (2008) e Gomes (2009) apresentam-se valores médios de consumo das viaturas de Loures e de Sintra, coincidentes com os apresentados neste estudo, variando entre 52 e 64 l/100km para as viaturas compactadoras de carga traseira, e entre 86 e 127 l/100km para as viaturas de carga lateral. O intervalo de 1,4 a 10,1 l/t indicados em Larsen *et al.* (2009) e o consumo de 9,2 a 10,7 l/t recolhida de papel, em zona residencial, indicado em Tanskanen (2000) também confirmam os valores obtidos no sistema C9V3 para o papel/cartão, de 9,2 l/t.

Em relação aos custos com recursos humanos, a comparação deve ser feita com valores bibliográficos nacionais. Em Gomes (2008) é indicado um valor médio de 10 500 €/trabalhador.ano, sem distinção da categoria. Já Lavita (2008), indica uma despesa média anual superior com o ordenado de motorista ou cantoneiro, de 13.000 €/ano, assumindo um período laboral de 7 horas/dia. Em Santos *et al.* (1994) indicam-se os custos totais anuais por categoria, assim como a decomposição dos mesmos nas suas parcelas, resultando em 13 393 €/ano para os motoristas e 9 412 €/ano para os cantoneiros.

Comparando com os valores bibliográficos verifica-se que os valores médios obtidos são inferiores: 15 440 €/ano para a categoria de cantoneiro e 19 996 €/ano para a categoria de motorista. Estes resultados atribuem-se, entre outros factores, à não inclusão, por exemplo, dos custos com fardamento que constituem custos efectivos para as entidades gestoras mas que nem sempre são contabilizados como custos de recursos humanos. Por exemplo, em Santos *et al.* (1994) os custos com fardamento são contabilizados numa parcela própria, com um valor global anual, não estando indicado o valor unitário, por funcionário. Também as horas extraordinárias são muito variáveis de entidade para entidade e resultam das políticas de gestão de recursos humanos internas, sendo muitas vezes contabilizados numa parcela à parte. Também os custos com formação ou higiene e segurança no trabalho foram incluídos neste trabalho, não tendo sido referidos pelos autores citados. Acresce que os valores indicados em Santos *et al.* (1994) se referem a remunerações base de 1994, que terão sofrido um aumento quando comparadas com o ano base deste trabalho, 2011.

Finalmente, fazendo uma análise dos custos totais por tonelada recolhida, é diversa a informação encontrada na bibliografia, dependendo de inúmeros factores já enumerados neste trabalho e que não são geralmente discriminados pelos diferentes autores. De acordo com Levy (2004), os custos de recolha variam consideravelmente, uma vez que esta operação pode ser realizada, ou directamente pelas autarquias, ou ser delegada por estas a empresas de capitais públicos ou privados, sendo o valor médio em Portugal de 37,50 €/t, para a recolha indiferenciada. Para a recolha selectiva, os valores indicados por este autor, por tipo de material (e não por fluxo de recolha) são os que se apresentam na Tabela V-23, em conjunto com os valores indicados por Larsen *et al.* (2010), para a Alemanha, que são bastante distintos.

De facto, verifica-se que os valores indicados para os custos de recolha selectiva por tonelada, por fluxo ou material variam muito na bibliografia. Para além dos valores indicados na tabela, Tanskanen (2000) indica 46,8 a 48,6 €/t para os custos por tonelada de papel recolhida selectivamente numa zona residencial, Santos *et al.* (1994) também para a recolha selectiva de papel/cartão e 48,2 €/t para a recolha de vidro, enquanto Fabbicino (2001) indica 93 €/t em média para a recolha selectiva. Se se avaliar os valores de custo globais para a recolha de RU, os valores são mais próximos: Massouda, El-Fadelb e Malak (2003) indicam um custo global para a recolha nos países desenvolvidos entre 62,2 e 107,4 €/t e Hasome (2001) indica um custo de 132 a 220 €/t para a recolha no Japão. Em Portugal, a ERSAR indica um custo global da recolha (selectiva e indiferenciada) de 102,94 €/t em 2013 (ERSAR, 2015).

Tabela V-23: Custo por tonelada da recolha selectiva, por material

Material	Serviço	Custo da recolha selectiva (€/t)	
		Portugal (Levy, 2004)	Alemanha (Larsen <i>et al.</i> , 2010) ¹⁰⁰
Papel + Cartão	porta-a-porta	173,49	75,30
	colectivo		41,74
Vidro	porta-a-porta	127,92	75,30
	colectivo		58,52
Plástico	porta-a-porta	504,4	75,30
	colectivo		58,52
Aço	porta-a-porta	458,44	75,30
	colectivo		58,52
Metal	Alumínio	1773,33	75,30
	colectivo		58,52

Cruzando os valores bibliográficos com os valores apurados nos indicadores financeiros, e em particular em relação ao custo total por tonelada recolhida (Indicador ISSF.9, Tabela V-19), verifica-se que o valor de 193 €/t para a recolha de papel/cartão, se aproxima bastante do valor indicado em Levy (2004), estimando-se que a diferença se pode atribuir aos custos indirectos que não foram incluídos (infra-estruturas, administrativos). Para o plástico/metall não é possível fazer uma comparação com este autor, uma vez que os valores são indicados por material e não por fluxo de resíduo, observando-se no entanto, que a gama de valores indicados (no caso do alumínio, chega aos 1.773 €/t) acaba por suportar a ordem de grandeza do valor mais alto obtido neste trabalho, de 1109 €/t para o sistema manual. Finalmente para o vidro, apurou-se um custo total de 61 €/t que é metade do valor indicado em Levy (2004), mas que se encontra dentro do intervalo de valores indicado em Larsen *et al.* (2010).

¹⁰⁰ Incluem os custos de capital anuais para equipamentos de recolha e os custos de exploração (por exemplo, com RH); os custos de capital foram calculados a partir do número de contentores registados no sistema de informação geográfica do município e os preços de investimento actuais para contentores no momento do estudo.

Se calcularmos o custo da recolha selectiva dos três fluxos de resíduos aplicando uma média ponderada com base nas quantidades médias recolhidas em Portugal, chega-se a um custo para a recolha selectiva de cerca de 160 €/t, superior ao valor indicado por Fabbicino (2001). Apesar das diferenças e considerando a diversidade de critérios que se podem adoptar no apuramento de custos, a revisão bibliográfica confirma a ordem de grandeza dos valores obtidos, pelo que os resultados apresentados por tipo de sistema de recolha podem ser considerados não só em termos relativos, para comparar a performance dos circuitos representativos de cada sistema avaliado, mas também em termos absolutos, permitindo tirar conclusões quando grandes diferenças se registam e assim viabilizar uma análise macro de *benchmarking*.

Concretizando, ao comparar os custos do sistema manual C11V4 com o sistema automático C1V5, o sistema manual de recolha de plástico/metá e de papel/cartão tem um custo por tonelada quinze vezes superior. Comparando os resultados deste indicador entre o sistema manual e o sistema assistido com contentores de quatro rodas e compactadora de carga traseira, C9V3, a recolha de papel/cartão e de plástico/metá é seis e nove vezes mais barata, respectivamente, que o sistema manual, mas cerca de duas vezes mais cara que o sistema automático. No vidro, a recolha com sistema automático é 4,5 vezes mais barata que a recolha com o sistema assistido (C9V2) e três vezes mais barata que o sistema semi-automático com contentores semi-subterrâneos e viatura grua com elevador traseiro (C4V7).

VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

VI.1 SÍNTESE CONCLUSIVA

Escolher os melhores sistemas de recolha de RU a implementar numa cidade pode ser um processo complexo. Desde 1990 que os sistemas de recolha foram classificados de forma desordenada e diferente, porque os fabricantes dos equipamentos são empresas privadas e porque a maioria dos estudos académicos sobre sistemas de recolha não partem de uma base comum de comunicação e de identificação. Acompanhar o seu desenvolvimento tornou-se difícil, porque a área de estudo transcende várias áreas científicas e profissionais que vão desde o planeamento da recolha de resíduos, ao estudo dos comportamentos dos consumidores a respeito da geração de resíduos.

Projectar um sistema de recolha também não é fácil, pelas lacunas de informação base necessárias ao dimensionamento, que estão dispersas e não são específicas dos equipamentos ou fluxos de resíduos.

Resumindo, escolher, projectar e avaliar o desempenho dos sistemas de recolha é uma tarefa árdua, que pode ser facilitada com base num modelo de apoio à decisão, suportado em indicadores de performance operacional e financeira. Esta foi a hipótese formulada no início deste trabalho, que se mantém no seu final como principal conclusão. A resposta é assim afirmativa.

O principal desafio no desenvolvimento deste modelo de classificação e *benchmarking* de sistemas de recolha de RU era encontrar uma abstracção tal no agrupamento e avaliação dos sistemas de recolha existentes que pudesse tornar-se útil a longo prazo.

Qualquer taxonomia deve ser capaz de consolidar o conhecimento alcançado até ao presente, e exibi-lo de tal forma que possa ser fácil de entender, comunicar, ensinar, aprender e trabalhar (Eksioglu, 2009). A taxonomia aqui apresentada não é diferente, sendo capaz de ser utilizada por investigadores, especialistas e não-especialistas, ajudando os gestores e projectistas na selecção e melhoria dos sistemas de recolha do ponto de vista técnico.

Na verdade, um dos principais desafios dos gestores e técnicos é actualizar os diversos sistemas de recolha, com tempos de vida útil longos. A actualização dos sistemas pode estar relacionada a aspectos como a capacidade, estética e custos de investimento e de operação. Para fazê-lo é necessário informação, que é fornecida pelo MCBSR, para que o novo equipamento seja compatível com os existentes.

Acresce que a taxonomia foi concebida para fornecer informações sobre os componentes-chave dos equipamentos em termos operacionais, baseada na observação visual dos mesmos e portanto é de fácil aplicação.

Desenvolver o menor número de indicadores necessários para avaliar a maior quantidade possível de informação, utilizando dados de base fáceis de obter foi também um objectivo que esteve sempre presente e que se considera que foi atingido, uma vez que grande parte dos dados resultam de informação simples de obter, tendo-se ultrapassado a dificuldade na obtenção dos restantes pelo cálculo de valores ou intervalos de referência para todos os recipientes e viaturas da área de estudo, abrangendo a maioria dos tipos taxonómicos identificados. Apesar do número considerável de indicadores propostos, a sua classificação por tipo (de equipamento – recipiente ou viatura, e de serviço), objectivo (*benchmarking*, dimensionamento, concepção, planeamento, monitorização) e grau de dificuldade (baixo, médio, alto), permite aos técnicos e gestores seleccionar os indicadores que

possam providenciar resultados úteis à avaliação pretendida.

Em grandes municípios, onde a área geográfica é vasta e diversificada (zonas rurais e urbanas, de habitação e comerciais, de serviços e industriais), podem ser adoptados diferentes tipos sistemas para responder a diferentes tipos de necessidades. Da análise dos resultados, conclui-se que o MCBSR permite a adaptação do tipo de sistema às necessidades locais do serviço de recolha: a funcionalidade, método de recolha, capacidade de armazenamento ou utilização do espaço público são críticos na tomada de decisão sobre os melhores equipamentos e tecnologia. Também os efeitos de escala devem ser considerados: o elevado peso dos tempos de paragem não planeados das viaturas de recolha por avaria (*downtimes*), que perturba a prestação de serviços e acrescenta custo nos orçamentos operacionais, leva a que a diversidade de mecanismos de engate e elevação entre contentores e veículos na mesma área deva ser minimizado pela entidade gestora do serviço. Além disso, quando se moderniza ou automatiza os sistemas de recolha, é necessário fasear a implementação de mudanças, considerando o alto investimento associado à aquisição de um sistema de recolha, e também a capacidade de qualificação limitada dos serviços técnicos das entidades gestoras. Considerando ainda os elevados tempos de vida de equipamentos (veículos e contentores), e elevados custos de investimento, é determinante considerar a compatibilidade contentor-veículo definida pela proposta de classificação taxonómica, antes de prosseguir com alterações nos recipientes instalados, especialmente quando a entidade gestora tem a sua própria frota ou um contrato de arrendamento ou *leasing* com condições contratuais com nenhuma ou pouca flexibilidade.

O modelo de classificação e *benchmarking* desenvolvido constitui assim uma ferramenta que pode dar resposta a estas questões. O primeiro passo é a clara identificação dos sistemas de recolha disponíveis e compatíveis com a realidade e objectivos locais, conseguida com a classificação taxonómica proposta: ao concentrar-se nos aspectos-chave do equipamento, da sua operação e compatibilidade entre contentores e viaturas, a taxonomia provou ser de fácil aplicação, podendo assim apoiar o planeamento de sistemas, ao realçar as características operacionais específicas dos diferentes sistemas em uso em cada município, cidade ou bairro, e permitir uma gestão eficiente dos meios disponíveis - frota e recursos humanos, considerando a objetivos locais do município e as limitações específicas da entidade de gestão (financeiros, geográficos, sociais, técnicos e humanos).

O segundo passo é a avaliação dos sistemas identificados, seleccionando os indicadores de desempenho financeiro ou operacional do MCBSR de acordo com os objectivos a cumprir e utilizando os valores de referência apresentados neste trabalho como base para apoio à decisão, e posteriormente como dados base para o planeamento e dimensionamento do sistema. Finalmente, depois de implementado, utilizam-se os indicadores de monitorização para uma melhoria contínua do desempenho do sistema.

Os resultados dos indicadores complementam a proposta de taxonomia apresentada, criando o MCBSR apresentado. Três resultados principais podem ser obtidos com a sua aplicação:

1) *Criar uma base de conhecimentos confiáveis sobre as características dos sistemas de recolha*

A classificação taxonómica proposta viabiliza a comparação e discussão dos resultados deste e de trabalhos futuros pela clara identificação dos equipamentos e sistemas de recolha do ponto de vista tecnológico, que até agora não podia ser feito.

Este trabalho apresentou uma abordagem para caracterizar e avaliar comparativamente os resultados dos diferentes sistemas de recolha, pela aplicação de uma proposta de classificação taxonómica e cálculo de indicadores aplicados aos recipientes e viaturas isoladamente, ou ao conjunto destas duas componentes dos sistemas. Os resultados demonstram como os fluxos de resíduos de embalagens (azul, amarelo e verde) podem influenciar a tecnologia utilizada na recolha de RU: a operação dos sistemas é afectada pelas densidades dos resíduos, nomeadamente no peso máximo do contentor que

a viatura precisa de suportar durante a operação de descarga do recipiente, sendo, portanto, um factor que afecta o desempenho da recolha Teixeira, Russo e Bentes (2014). Para o mesmo recipiente, a diferença de densidades entre o fluxo de papel/cartão e de vidro pode ser cinco vezes maior, e para o mesmo fluxo, mas para recipientes diferentes, a variação de densidades pode ser igualmente alta: para o papel/cartão 3,6 vezes, para o plástico/metall 2,4 vezes e para o vidro 1,7 vezes.

A capacidade líquida para armazenar resíduos nem sempre está disponível nas folhas técnicas dos contentores, uma informação que é importante, especialmente considerando que se estima que o volume indisponível possa chegar aos 20% do volume total do recipiente (capacidade bruta). De facto, o enfoque nos equipamentos permitiu investigar e definir novos indicadores para os sistemas de recolha: o volume indisponível de um recipiente influencia as capacidades úteis efectivamente disponíveis para armazenar resíduos e assim o seu desempenho. Tecnicamente, o volume não útil é um aspecto que necessita de ser melhorado pelos fabricantes em termos de *design* e concepção dos contentores.

À semelhança da capacidade líquida, o peso líquido máximo é um dado base de dimensionamento quando se projecta e planeia um sistema de recolha, nomeadamente na definição de circuitos de recolha, que resultam de duas variáveis – tempo e capacidade (em volume ou em peso, dependendo do fluxo de resíduo e características da viatura). São assim dados base que podem ser utilizados pelos técnicos como referência (usar o intervalo entre mínimo e máximo, em função das características dos resíduos, se forem conhecidas) e que não estão disponíveis na literatura por fluxo e tipo de recipiente.

Considerando ainda os requisitos para a instalação dos recipientes na rua, os resultados sobre a área de implantação dos recipientes são úteis para os técnicos no momento da selecção de um dado recipiente, que é a componente determinante na definição do sistema, por ser a menos flexível. A área que os recipientes irão ocupar deve ser compatível com o espaço público disponível, especialmente em bairros históricos ou áreas com restrições de espaço onde a capacidade líquida por área de implantação pode ser o factor decisivo.

Os resultados mostram assim claramente que a escolha do recipiente apropriado é fundamental na concepção e planeamento de um sistema de recolha, porque essa decisão irá influenciar a quantidade de resíduos a recolher, bem como o volume de armazenamento disponível, devendo os sistemas ser concebidos considerando estas diferenças.

Também no caso das viaturas, áreas inteiras de serviço podem ser apenas acessíveis a viaturas que tenham larguras e raios de curvatura abaixo de determinados com valores, devendo ser considerada também a altura de circulação e altura total de operação, que no caso dos elevadores é consideravelmente superior à altura de circulação (o corpo do contentor, ao bascular, soma à altura dos braços do elevador a altura dos suportes até à base do corpo). De facto, os indicadores que resultam da interacção dos sistemas com as infra-estruturas e características urbanas da área a servir, podem ser decisivos na escolha do sistema de recolha.

Em relação ao desempenho e produtividade operacional, os indicadores que cruzam a capacidade e peso recolhidos por unidade de tempo são indicadores de *performance* operacional por excelência, uma vez que o factor tempo é uma das variáveis que deve ser reduzida o máximo possível, para a mesma quantidade (em volume ou peso) de resíduos, sendo uma das duas variáveis alvo de optimização nos algoritmos dos *softwares* de definição dos circuitos de recolha. Em particular, a quantidade, em volume, de resíduos recolhida por unidade de tempo é um dos indicadores que pode comparar sistemas de recolha de forma mais isenta, considerando que a capacidade, ao contrário do peso, não é influenciada pela envolvente, assim como o tempo de recolha, que resulta essencialmente do sistema de acoplamento e método de recolha (apesar de estar sujeito ao desempenho da equipa que faz o serviço).

Resumindo, os resultados dos indicadores podem ter as seguintes aplicações e vantagens:

- Parte dos resultados apresentados são independentes da área e das particularidades do serviço de recolha, nomeadamente os indicadores de equipamento operacionais e financeiros, em contraste com a maioria dos resultados encontrados na bibliografia, em que o desempenho depende do tipo de serviço prestado. Estes resultados constituem assim dados base universais;
- A aplicação da taxonomia mostrou a importância em considerar as diferenças entre equipamentos não só neste estudo mas também noutras publicações. Por exemplo, as diferenças registadas na densidade média dos resíduos nos recipientes, não pode ser justificada apenas pela diferença nas capacidades dos mesmos;
- Os resultados foram obtidos para os fluxos de resíduos de embalagens analisados e para cada equipamento ou sistema de recolha identificados pelo acrónimo taxonómico, em contraste com a maioria dos resultados publicados. Veja-se, por exemplo, o caso dos resultados de Petersen e Berg (2004) para os pesos específicos em contentor, que foram definidos por tipo de material (papel/papel de jornal, embalagens de vidro, metal embalagens, embalagens de papel e embalagens de plástico).

2) *Aplicar o conhecimento necessário à optimização do serviço de recolha selectiva de resíduos, em termos operacionais e financeiros*

O planeamento eficaz do sistema de recolha selectiva requer optimização para se conseguir poupanças consideráveis (Chang, 1999). Os resultados deste estudo podem ajudar a optimizar a recolha de resíduos, fornecendo informações para os modelos matemáticos de optimização, bem como para a selecção do recipiente e da viatura, pelos resultados obtidos nos indicadores de equipamento.

A maioria dos modelos de optimização dedicados ao serviço de recolha incluem aspectos como o peso e o volume de resíduos no interior do recipiente, e o tempo de recolha de um contentor (Faccio, 2011), que não estão disponíveis para os técnicos que projetam o sistema de recolha, e que só podem ser obtidos após implementação do sistema. Os resultados deste estudo fornecem assim informação útil para os modelos de optimização.

Os indicadores deste estudo podem também apoiar na selecção de recipientes e viaturas, com impacto sobre o custo global do serviço: a escolha de recipientes mais eficientes, que ocupem menos espaço na rua armazenando uma quantidade considerável de resíduos é uma abordagem a considerar para promover a optimização, assim como a selecção de sistemas com tempos de recolha pequenos e simultaneamente grandes quantidades de resíduos recolhidas (em peso e volume).

Existe também uma relação directa entre os métodos de recolha, a dimensão da equipa de recolha e as gamas de capacidades dos recipientes. De facto, os métodos de recolha automáticos ou semi-automáticos utilizam-se quando a capacidade do recipiente é maior, e necessitam de equipas de menor dimensão, comparativamente com os métodos de recolha assistida ou manuais, que dependem da força manual e que utilizam consequentemente, recipientes de menores capacidades e equipas maiores: a taxonomia dá assim logo uma noção da força de trabalho necessária, determinante para os custos de operação (Greco *et al.*, 2014).

Concretizando, com um exemplo, 20 anos depois da publicação de um estudo nos EUA que concluía que a utilização de um compactador automatizado, com braço hidráulico lateral, operado por uma pessoa (com o acrónimo *BCSC, CI, AA, LS*), era substancialmente menos oneroso que a utilização dos compactadores tradicionais de carga traseira (*BCSC, CI, LiAsF+/LiAsB, LRe*), que empregavam dois a quatro tripulantes, a maioria das viaturas de recolha de RU usada em áreas residenciais nos EUA são viaturas automáticas mono-operador (Ross, 2010).

Em contraste, o sistema de recolha assistida com contentores de quatro rodas destinados à recolha pelos compactadores tradicionais de carga traseira, com equipas de recolha de três elementos, são sistemas bastante vulgarizados em Portugal, provavelmente por serem os sistemas com o mais baixo custo de investimento, na ordem dos 10 a 15 €/t para os fluxos de papel/cartão e plástico/metal. Não são, no entanto, os que devolvem os melhores resultados em termos globais, considerando os custos de exploração mais elevados, pelo que uma análise cuidadosa dos custos globais no tempo de vida útil dos equipamentos deve ser feita antes de se avançar para uma decisão.

Também os indicadores de serviço relacionados com as diferentes fases dos circuitos são importantes, por permitirem a optimização dos circuitos em função dos resultados obtidos. Mesmo as fases que, à partida, teriam pouca importância, como os tempos de descarga na central de tratamento, podem influenciar os resultados globais. Por exemplo, uma análise de sensibilidade dos resultados do modelo de optimização do transporte de RU apresentado por Komilis (2008) revela que o tempo de deposição na central de tratamento ou na estação de transferência de resíduos, é uma variável-chave nos resultados, avaliada neste estudo pelo indicador ISO.7, que permite comparar os sistemas pelo tempo de descarga da viatura, com consequências no tempo de deposição na central.

Este estudo apurou ainda os valores dos custos de manutenção por tipo de recipiente e viatura, quer em termos percentuais, em relação ao custo de aquisição dos equipamentos, quer em termos absolutos, por tipo taxonómico e por ano, neste caso para as viaturas, e de acordo com uma utilização “normal”.

Finalmente, em relação ao serviço de lavagem, existe uma relação entre o sistema de recolha e o sistema de lavagem de recipientes adoptado. Considerando que os indicadores financeiros do serviço de lavagem de recipientes e viaturas permitem concluir que este serviço tem um peso considerável na gestão global dos serviços de recolha de RU, quer em termos operacionais quer financeiros, importa incluir a operação de lavagem na avaliação global dos sistemas de recolha.

Concluindo, com a aplicação do MCBSR, diferentes metas de optimização pode ser facilmente estabelecidas, constituindo os resultados dos indicadores uma ferramenta de apoio à decisão que indica as melhores (e piores) soluções para cada objectivo particular, sistematizadas nas Tabelas V-10 a V-19. Estas tabelas constituem não só uma base para *benchmarking* dos sistemas de recolha do ponto de vista operacional e financeiro, mas também uma base de dados de referência que pode ser utilizada em projecto, no dimensionamento e planeamento de sistemas de recolha, assim como na previsão de custos.

Concretizando, se o objectivo é optimizar a capacidade de carga (em peso), a densidade dos resíduos no recipiente é crítica e, portanto, analisando os resultados do Indicador ISO.3 da Tabela V.11, os recipientes de pequena capacidade ou com a deposição limitada ao volume de um tambor rotativo são as melhores opções. Se o peso máximo que a grua ou elevador que a viatura pode carregar é um factor limitante (e.g. se a frota tem apenas gruas de baixa capacidade), então o peso total máximo do recipiente (ISO.1, Tabela V.11) é o indicador a usar, e se mais que um fluxo de resíduos vai ser recolhido por esta viatura, então é o resultado para o vidro que deve ser usado. Se o objetivo é optimizar o tempo de recolha, tanto a capacidade máxima recolhida por unidade de tempo como o peso máximo recolhido por unidade de tempo são indicadores críticos, dependendo o indicador a seleccionar do fluxo de resíduos em questão. E, finalmente, se existe um valor máximo de investimento disponível, quer na aquisição do equipamento, quer nos custos de exploração anuais, as Tabelas V-17 e V-19 dão informação relevante em termos relativos, nos valores envolvidos em cada opção.

Existe assim uma enorme quantidade de informação útil, que foi recolhida e sistematizada nestas tabelas, que constituem uma base de dados útil e simples de consultar, de acordo com os objectivos e necessidades de informação sentidas por parte dos técnicos e gestores do serviço de recolha.

3) *Influenciar a concepção e design dos equipamentos de recolha*

Considerando os indicadores operacionais dos recipientes focados nas questões de *design* e concepção dos recipientes (IRO.1 a IRO.6), verifica-se que os diferentes resíduos de embalagens têm pouca influência sobre o *design* do recipiente, verificando-se que os fabricantes desenvolvem recipientes semelhantes para os três fluxos de materiais, sendo a principal diferença o tamanho e a geometria das bocas de deposição. Como foi destacado na revisão bibliográfica, o comportamento de reciclagem pode ser influenciado por muitos factores, alguns dos quais estão relacionados com os recipientes, sendo a facilidade de acesso um importante factor de motivação nos esforços de reciclagem (Domina, 2002; Gonzalez-Torre, 2005; PCAESG, 1999). Acresce que o peso específico mais elevado em recipientes individuais de pequena capacidade parece indicar que a compressão executada por utilizadores com recipientes individuais recolhidos com uma frequência de recolha fixa (capacidade limitada) é crítica. Assim, se for imposta uma capacidade limitada para cada deposição nos contentores colectivos (tambor rotativo com um volume limitado e controle do sistema de abertura) o peso específico em contentor é aumentado, devendo este ser um aspecto a considerar na concepção destes equipamentos.

Quanto à capacidade dos recipientes, os esforços de *design* devem focar-se na redução do volume indisponível e aumentar capacidade líquida por metro quadrado de área ocupada com a instalação. Tal como já constatado por Petersen e Berg (2004), verificou-se que localização das bocas de deposição nas laterais do corpo do contentor leva a que o “ângulo de deposição” conduza a uma distribuição desigual do conteúdo de contentores, especialmente se for feita sempre pelo mesmo lado, pelo que a redução do volume indisponível passa pela localização das bocas de deposição. Em relação ao rácio da área ocupada e capacidade de armazenamento líquida, os contentores subterrâneos têm bons resultados, sendo assim adequados para uso em áreas urbanas onde o espaço público é limitado, e as capitações por metro quadrado elevadas.

De facto, os equipamentos subterrâneos estão na vanguarda da inovação, por responderem às necessidades das zonas urbanas, e consequentemente da sociedade moderna, assegurando padrões mais elevados de higiene, maior capacidade de armazenamento e estética melhoradas (Kaliampakos e Benardos, 2013). No entanto, se se considerar os resultados para os indicadores operacionais de serviço, as soluções subterrâneas dos sistemas semi-automáticos são ultrapassadas pelos sistemas automáticos compostos por contentores de superfície imóveis com apoios para o elevador automático das viaturas compactadoras de carga lateral, que têm o melhor desempenho em termos de capacidade e peso máximos recolhidos por unidade de tempo (ISO.5 e ISO.6).

Apesar dos sistemas que utilizam recipientes subterrâneos estarem em linha com os usos futuros, não são adequados para todas as situações reais, pelo que são necessários melhoramentos noutras soluções de recolha para enfrentar as diferentes necessidades dos gestores de resíduos, considerando a melhoria dos indicadores desenvolvidos, sempre que possível simultaneamente para todos os fluxos de resíduos.

Ressalva-se ainda que a área ocupada no sub-solo não é desprezável, uma vez que nas cidades a diversidade de infra-estruturas subterrâneas obriga frequentemente a alterações na localização projectada para os equipamentos subterrâneos de RU, que competem assim com as restantes infra-estruturas (e.g. esgotos, abastecimento, electricidade, gás, telecomunicações) implantadas à mesma cota.

Para as viaturas, deve ser estabelecida uma relação entre o peso líquido máximo, capacidade líquida e sobrepesos (indicadores IVO.1, IVO.2 e ISO.8) considerando que a mesma viatura pode recolher diferentes fluxos de resíduos onde o factor limitante pode ser o peso ou o volume. No caso do peso, e em particular nas viaturas compactadoras, importa conceber viaturas onde a diferença entre peso

máximo legal do *chassis* e peso da superestrutura seja suficiente para transportar toda a gama de fluxos de RU, evitando assim que as mesmas circulem em sobrecarga, com consequências para os custos de manutenção, que podem representar até 38% dos custos totais anuais com as viaturas.

Ainda em relação às viaturas, a informação sobre a altura de circulação e de operação (IVO.8 e IVO:9) é importante na escolha e também na localização dos recipientes, quer no caso dos recipientes de recolha com grua quer nos compatíveis com elevador. No caso da grua é mais evidente o cuidado necessário, devendo evitar-se locais com cabos aéreos (e.g. telefones, eletricidade); mas também no caso dos recipientes recolhidos por viaturas com elevadores esta informação pode ser crítica, uma vez que em locais com pouco espaço, pode acontecer que o contentor bata em estruturas salientes, como varandas ou cabos aéreos. Ainda no caso das viaturas grua, é fundamental avaliar a capacidade de carga em conjunto com a distância de alcance das gruas e também com o peso máximo que os recipientes a recolher podem ter. Os recipientes subterrâneos compactos são o tipo taxonómico onde é fundamental avaliar a capacidade das gruas das viaturas que os vão recolher, em particular para a recolha de vidro.

Concluindo, os resultados comprovam a terceira hipótese formulada no início do trabalho: *“do conjunto da proposta de classificação taxonómica e de indicadores chave de desempenho, resulta um modelo (...) capaz de melhorar o potencial para comparações e racionalizar a logística da recolha, constituindo uma ferramenta útil e de fácil aplicação por parte de técnicos e gestores deste serviço”*.

A identificação dos principais aspectos que distinguem os recipientes, viaturas e métodos de recolha na classificação apresentada é útil para os técnicos, operadores e gestores de sistemas de recolha, podendo prever-se que a sua aplicação minimize a heterogeneidade no acoplamento e mecanização da elevação, atingindo eficiências operacionais a curto e longo prazo.

A taxonomia permitirá que especialistas de diferentes campos de pesquisa possam usar a mesma classificação para caracterizar os sistemas de recolha em análise. Este é um papel importante desta proposta, uma vez que a comparação dos dados e resultados alcançados nas diferentes áreas científicas será possível, aumentando o conhecimento e, portanto, as direções para a pesquisa futura.

Os resultados deste estudo sugerem que os indicadores desenvolvidos para caracterizar os sistemas de recolha de resíduos podem suportar no seu planeamento, melhorando e otimizando as opções técnicas e rotas de recolha. O caso de estudo ilustra que nenhum sistema de recolha de resíduos tem melhor desempenho em todos os indicadores, no entanto, os técnicos e gestores dos serviços de recolha podem utilizar o MCBSR proposto para obter uma solução ótima de compromisso entre as diferentes opções em termos da acessibilidade, área ocupada e capacidade de armazenamento, desempenho operacional (quantidades em volume e/ou peso por unidade de tempo) e custo. Permite ainda monitorizar os sistemas de recolha e otimizar o seu funcionamento assim como, face a uma situação base de equipamentos pré-existente (frota ou imobilizado), seleccionar a melhor solução técnica compatível com os equipamentos existentes, aplicando a classificação taxonómica para fazer uma primeira selecção sobre as soluções disponíveis no mercado. Finalmente, os parâmetros de referência definidos para os diversos sistemas de recolha de resíduos também podem ser relevantes para os fabricantes de contentores e viaturas, indicando soluções inovadoras para aumentar o desempenho destes equipamentos.

VI.2 LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E LINHAS ORIENTADORAS PARA TRABALHO FUTURO

Estudar sistemas de recolha de resíduos significa trabalhar à escala das cidades onde os mesmos funcionam, com as limitações resultantes das especificidades geográficas e sociais da área de estudo

e da organização local do serviço de recolha. Recolher e trabalhar dados deste serviço obriga assim a um enorme cuidado e preparação, considerando os meios envolvidos – humanos e equipamentos, com um custo que tornaria estes estudos financeiramente inviáveis, e que por isso só podem ser realizados com a colaboração das Entidades Gestoras do serviço. “Bom senso”, flexibilidade e capacidade de adaptação são assim fundamentais na condução das campanhas de monitorização assim como no posterior tratamento de dados. A “mesa de trabalho” não é uma bancada de um laboratório mas o centro urbano de uma cidade, e os equipamentos não são pipetas calibradas mas viaturas pesadas com grua, ganchos, correntes e dinamómetro. Repetir uma amostra ou um dado significa voltar a esta “mesa de trabalho” e a solicitar estes recursos. Esta foi, sem dúvida, a principal limitação deste trabalho.

Em relação a possíveis recomendações e trabalhos futuros nesta área, considerando a rápida evolução dos equipamentos e tecnologias utilizadas no sector, a actualização da proposta de classificação é o primeiro que deve ser destacado sempre que a evolução tecnológica assim o justifique, pela adição de mais uma categoria, classe ou sub-classe, possível graças à flexibilidade da estrutura adoptada nos diagramas de classificação. Numa perspetiva tecnológica, uma taxonomia estabelece a tendência actual em contentores, viaturas e como eles interagem. A taxonomia apresentada tem estas propriedades, permitindo uma classificação eficiente e eficaz de qualquer sistema de recolha de RU, mas a partir deste ponto, todo o desenvolvimento feito deve ser identificável pela taxonomia, revista periodicamente para incluir características novas e inovadoras, como a trituração, ventilação, integração de sensores, ou fontes de alimentação a partir de energias renováveis, para dar alguns exemplos.

Considerando os indicadores de equipamento, a definição e aplicação de indicadores que complementem os indicadores propostos, nomeadamente sobre o desempenho ambiental e a componente social dos sistemas de recolha, são desenvolvimentos importantes a serem obtidos no futuro.

A percepção e o balanço entre o preço, qualidade, segurança, eficiência, aparência e nível de manutenção do sistema, têm implicações nas decisões dos consumidores (Martinho G. , “Factores Determinantes para os Comportamentos de Reciclagem. Caso de estudo: sistema de vidrões”. Dissertação para obtenção de Grau de Doutor em Engenharia do Ambiente, especialidade Sistemas Sociais, 1998), mas para justificar socialmente a necessidade de melhores serviços de gestão de RU, especialmente à luz da disponibilidade limitada de recursos públicos, é importante quantificar o valor monetário dos potenciais benefícios sociais e ambientais oferecidos por eles (Damingos, Kaliampakos e Menegaki, 2016). De facto, este trabalho debruçou-se sobre a componente operacional e financeira dos sistemas, mas a necessidade de aumentar o conhecimento sobre os sistemas de recolha de resíduos envolve também os custos e impactes ambientais das diferentes soluções tecnológicas aqui analisadas, assim como sobre os comportamentos dos cidadãos.

De facto, apesar da sua vertente ambiental, os contributos diretos e indiretos da gestão de resíduos de embalagens ao nível ambiental devem ser avaliados, com especial enfoque na produção de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e no consumo de materiais primários e de energia. Apesar dos estudos realizados apontarem para um balanço positivo (por exemplo, em Portugal, a avaliação do SIGRE realizada pela 3drivers em 2012, apresenta um balanço ambiental positivo, com os impactes gerados pela recolha, triagem, transporte, tratamento e valorização de resíduos a serem suplantados pelos impactes evitados graças à recuperação de materiais e energia nos processos de valorização dos resíduos, com especial enfoque para a sua reciclagem (3Drivers e IST, 2012), importa comparar, na componente de recolha, as diferenças dos impactes gerados pelos diferentes sistemas de recolha.

Em Eisted (2009), seis exemplos envolvendo a recolha, transferência e transporte de resíduos foram avaliados em termos de emissões de GEE, incluindo tanto o fornecimento como o uso de energia (as emissões de GEE relacionadas com a produção, manutenção e eliminação de veículos, equipamentos,

infra-estruturas e edifícios foram excluídos), estimando-se que as emissões variam de 9,4-368 kg de CO₂ equivalentes por tonelada de resíduos, dependendo do método de recolha, capacidade e escolha do equipamento de transporte, e das distâncias das viagens. Em Larsen *et al.* (2009) conclui-se que impacte ambiental não depende apenas da quantidade de gasóleo utilizado, mas também da pureza dos gases de escape, que é regulada por normas de emissão¹⁰¹, que por sua vez dependem do tipo de motor e de manutenção do veículo, do seu sistema de escape e da agressividade da condução (Larsen *et al.*, 2009). Dando continuidade a este estudo, o ponto de partida de um trabalho futuro seria assim focado no consumo de combustível, que constitui um indicadores propostos no âmbito deste trabalho, uma vez que o uso de diesel pelas viaturas de recolha é, presumivelmente, a carga ambiental mais importante na recolha de resíduos, devido à emissão de gases provenientes do processo de combustão.

Outro indicador calculado e que pode ser um importante ponto de partida para a avaliação e *benchmarking* do impacte ambiental de diferentes sistemas de recolha é o sistema de lavagem de viaturas e contentores que, tal como se verificou na análise de resultados do indicador do consumo de água por recipiente e por viatura, gera diferenças consideráveis nos consumos de água, assim como na utilização de detergentes e gestão das águas sujas, com uma enorme carga de lixiviados, que permitem fazer comparações em termos económicos e também ambientais.

Em termos sociais e comportamentais e regressando aos indicadores operacionais e financeiros apresentados, estudos futuros devem avaliar a influência da secção e altura das bocas de deposição (indicadores IRO.2 e IRO.3), assim como da sua geometria (que não foi abordada neste estudo), sobre a participação dos cidadãos nos sistemas de reciclagem, aumentando o conhecimento sobre as atitudes e actividades de recolha relacionadas com o *design* dos recipientes. O conjunto dos indicadores IRO.2 e IRO.3 podem medir a acessibilidade aos recipientes, se forem concretizados níveis de acessibilidade em função dos resultados para ambos os indicadores, diferenciados no caso do indicador IRO.2 para os diferentes fluxos de resíduos. Esta quantificação obrigaria a um estudo próprio relativo à relação entre estes indicadores e a facilidade de acesso aos recipientes, que não foi contemplada no âmbito deste trabalho. De facto, em relação às tendências futuras na concepção de recipientes, o pressuposto de que as soluções com uma área de implantação reduzida, uma secção de deposição maior e uma menor altura de deposição, aumentaria a acessibilidade por todos os utentes (incluindo crianças, idosos e pessoas com deficiência) e assim a adesão à deposição selectiva, deve ser avaliado em trabalhos futuros.

Também a influencia das secções e geometrias das bocas de deposição, bastante variáveis, na qualidade dos recicláveis depositados deve ser estudada, relacionando com o risco de contaminação: Jensen (2015) afirma que as aberturas devem ser moldadas de acordo com o objecto esperado (ranhura fina para o papel ou pequeno furo redondo para garrafas ou latas), para minimizar a contaminação accidental de fluxos de resíduos. No entanto, deve ser também avaliada se uma maior incidência de contaminação é compensada por uma maior quantidade de material reciclável recolhido, porque uma boca de deposição maior permitiria a deposição de embalagens de materiais recicláveis também maiores (como caixas de cartão).

Outro estudo que pode ser desenvolvido a partir dos resultados apresentados, seria tentar estabelecer uma relação entre a caracterização física de resíduos em alta e os pesos específicos em contentor: num esforço de obter resultados mais próximos dos pesos específicos em contentor e “ultrapassar” a

¹⁰¹ Os limites para as emissões das viaturas diesel são regulamentados na Europa pelas normas europeias de emissões Euro I, II, Euro III, Euro IV, Euro V e Euro IV (para viatura pesadas), estabelecidas por um quadro jurídico composto por uma série de directivas, que foram alterando a Directiva 70/220 / CEE de 1970, “relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros sobre as medidas a tomar contra a poluição do ar pelos gases provenientes dos motores de ignição comandada”.

heterogeneidade dos RU, poderia tentar estabelecer-se uma relação entre os resultados da caracterização que actualmente é realizada por todos os sistemas em alta como prática corrente, por circuito, e os resultados dos pesos específicos obtidos nos recipientes, conduzindo a adopção de um valor mais próximo da realidade local de cada área dentro do intervalo apresentado.

Ainda no que respeita ao peso específico, importa sublinhar que os resultados obtidos para o papel/cartão e plástico/metal (resíduos compactáveis), contrariam o que seria de “senso comum”, uma vez que a informação que é veiculada pelos fornecedores dos equipamentos subterrâneos, é que o peso exercido pelos próprios resíduos (força gravítica), teriam como efeito a compactação dos mesmos, que seria assim superior aos equipamentos de menor capacidade. Contrariando este pressuposto, os resultados apontam para uma relação do peso específico não com o recipiente, mas com a limitação da capacidade disponível para deposição de resíduos, uma vez que os recipientes recolhidos pelo sistema de recolha porta-a-porta, com contentores de pequena capacidade individuais e em dias fixos, obtêm os maiores valores de peso específico assim como os equipamentos subterrâneos com deposição através de um tambor rotativo (capacidade de deposição limitada). Assim, seria importante conduzir um estudo que avaliasse a hipótese aqui estabelecida, de que o efeito da compactação dos resíduos, aplicada pelo utilizador dos recipientes, é muito superior a qualquer outro efeito de compactação, quando a capacidade de deposição disponível é limitada.

Para as viaturas, sugere-se trabalho de investigação sobre a flexibilização da sua utilização nos diferentes fluxos de RU, nomeadamente sobre forma de potenciar o peso líquido máximo legal sem comprometer as questões de segurança e aumentar os custos de manutenção, criando assim viaturas adaptadas às diferentes densidades dos RU registadas neste trabalho (indicador ISO.3). Considerando a tendência de automatização da operação, importa também investir no desenvolvimento de soluções mono-operador compatíveis com tipologias urbanas de acessibilidade reduzida, comuns nos centros históricos das cidades Europeias, que obrigam à utilização de viaturas com dimensões reduzidas (valores baixos para os indicadores IVO.6 e IVO.7), mas cuja operação não permite a utilização de equipas mono-operador. Estas viaturas tornam a recolha em zonas de acessibilidade reduzida pesada do ponto de vista financeiro (como comprovam os resultados para o indicador ISSF.9), porque aliam a recolha de pequenas quantidades a equipas de recolha de pelo menos dois elementos, um custo que poderia ser reduzido pela automatização da elevação e descarga dos contentores, que também teriam que se adaptar a estas condições de operação.

Uma área de investigação indiretamente relacionada com os resultados apresentados é a avaliação dos acidentes de trabalho e lesões dos cantoneiros, que pode ser desenvolvida com a aplicação da classificação taxonómica proposta, associando uma avaliação do risco e gravidade dos acidentes de trabalho com cada um dos tipos taxonómicos de sistemas. Também os resultados dos indicadores podem ser desenvolvidos nesta área: por exemplo, o indicador do peso máximo total a suportar pelo elevador ou grua (nos sistemas automáticos, semi-automáticos e assistidos) ou pelo cantoneiro (sistemas assistidos e manuais), pode ser relacionado com o tipo e gravidade de acidentes ou de lesões sofridas pelos trabalhadores.

Finalmente, analisando a aplicação do MCBSR de forma global, pode concluir-se que a sua utilização enquanto modelo de apoio à decisão poderia ser substancialmente simplificada se fosse desenvolvido um programa informático que criasse uma plataforma com o utilizador e que permitisse sistematizar a sua aplicação, onde os dados base fossem inseridos e os *outputs* fornecidos e ordenados automaticamente em função dos critérios seleccionados. Os requisitos fundamentais para este desenvolvimento constam já dos resultados aqui publicados e das bases de dados criadas, pelo que o trabalho a desenvolver seria de acomodação dos vários tipos de dados base e fluxos de informação no modelo, bem como dos requisitos de cálculo dos indicadores. De facto, de acordo com (Chang e Wang, 1996), o sistema de *software* para um sistema de apoio à decisão é basicamente composto de três partes: um *software* de gestão da base de dados, um *software* de gestão baseado no modelo de apoio

à decisão, e um software para gerir a interface entre os decisores e o sistema.

Concluindo, depois do desenvolvimento das infra-estruturas básicas de tratamento de RU em alta, os investigadores e profissionais devem focar a sua atenção na melhoria da eficiência dos serviços de recolha de RU, como forma de controlar os custos, integrando as soluções de recolha com as de tratamento. A mecanização e automatização dos sistemas será uma tendência, uma vez que na maioria das aplicações o sistema mais rentável é aquele que utiliza veículos de recolha mono-operador, também favorecidos pela redução do número de acidentes de trabalho e fadiga do trabalhador (Theisen, 2002), sendo necessário acompanhar as novas soluções tecnológicas através da identificação e avaliação nas suas componentes operacionais, ambientais, sociais e financeiras. Este conhecimento será facilitado pela progressiva modernização e democratização dos sensores e *softwares* de monitorização e gestão dos serviços de recolha em tempo real, capazes de recolher e gerir uma enorme quantidade de informação, sendo necessário transformá-la em informação útil, por meio de indicadores, que este trabalho pretendeu sistematizar.

A investigação nesta área será sempre necessária para desenvolver novas tecnologias e modelos de gestão, aperfeiçoando os existentes. Idealmente, os investigadores devem considerar as implicações de sua pesquisa sobre os custos finais para os cidadãos, que são os utentes, beneficiários e prestadores dos fundos dos sistemas de gestão integrada de RU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelli, I., Abdelmalek, F., Djelloul, A., Mesghouni, K. e Addou, A. (2016). GIS-based approach for optimised collection of household waste in Mostaganem city (Western Algeria). *Waste Management & Research*, March 7, 2016, Published online before print March 7, 2016.
- Accounts Comission. (2000). *Benchmarking refuse collection. A review of councils' refuse collection services*. Edinburgh: Audit Scotland.
- Allesch, A., Brunner, P. H. (2014). Assessment methods for solid waste management: A literature review. *Waste Management & Research*, 32(6), 461–473.
- Almoverde Ecologia. (2014). Catálogo MGB. Acedido em 11 de Outubro de 2014, em: <<http://www.almoverde.pt/cms07/pdf/mgb.pdf>>
- Andrews, A. G. (2013). Comparison of recycling outcomes in three types of recycling collection units. *Waste Manag.*, 33, 530-535.
- Anghinolfi, D. P. (2013). A dynamic optimization model for solid waste recycling. *Waste Management*, 33, 287–296.
- APA (2008). *Relatório de Acompanhamento 2007 - PERSU II – Plano Estratégico para os Resíduos urbanos*. Lisboa
- APA (2010). *SIDS Portugal, Indicadores-chave 2010*. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente. Depósito Legal: 322810/11
- APA (2012). Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2012, Submitted under the United Nations Framework Conventon on Climate Change and the Kyoto Protocol. Amadora.
- APA (2016). *Dados sobre Resíduos Urbanos*. Acedido em 05 de Agosto de 2016, em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936>
- Arendse, L. G. (2001). *Waste management indicators for national state of environment reporting*. Pretoria: CSIR. Acedido em 11 de Dezembro de 2015, em <http://www.unep.or.jp/ietc/kms/data/2010.pdf>
- Arribas, C., Blazquez, C. e Lamas, A. (2010); Urban solid waste collection system using mathematical modelling and tools of geographic information systems. (S. C. Universidad Andres Bello, Ed.) *Waste Management & Research*, 28 (28), 355–363.
- Assis, R. (2011). *Métodos de Amortização*. Acedido em 10 de Setembro de 2015, em: . <<http://www.rassis.com/artigos/Economia/Metodos%20de%20Amortizacao.pdf>>
- Badran, M. e El-Haggag, S. (2006). Optimization of municipal solid waste management in Port-Said-Egypt. *Waste Management*. 26, 534-545.
- Bautista, J. P. (2006). Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management. An application to the metropolitan area of Barcelona. *Omega – The international Journal of Management Science*. 34, 617-629.
- Bel, G. e Miralles, A. (2003). Factors Influencing the Privatisation of Urban Solid Waste Collection in Spain. *Urban Studies*, 40, 1323-1334.

- Benjamin, A. B. (2010). Metaheuristics for the waste collection vehicle routing problem with time windows, driver rest period and multiple disposal facilities. *Comput. Oper. Res.*, 37, 2270–2280.
- Berg, P. (1993). *Källsortering. Teori, metod och implementering (Source Sorting. Theory, Method and Implementation)*. Doctoral thesis, Institutionen för Vattenförsörjnings-och avloppsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden.
- Bilitewski, B. (2008). From traditional to modern fee systems. *Waste Management*, 28, 2760–2766.
- Bilitewski, B., Härdtle, G., Maek, K., Weissbach, A. e Boeddicker, H. (1994). *Waste Management*. Springer, Berlin.
- Bilitewski, B., Wagner, J. e Reichenbach, J. (2010). *Best Practice Municipal Waste Management (INTECUS Dresden GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management)*. Federal Environmental Agency, Intecus.
- Bolaane, B. e Isaac, E. (2015). Privatization of solid waste collection services: Lessons from Gaborone. *Waste Management*, 40, 14–21.
- Borges, C. (2016). Novas Licenças do SIGRE e Valores de Contrapartida – Implicações para o Setor. “Dilemas e Oportunidades no Setor dos Resíduos”. ESGRA. Cascais, Casa de Histórias da Paula Rego.
- Bosch, N., Pedraja, F. e Suárez-Pandiello, J. (2001). The efficiency of refuse collection services in Spanish municipalities: do non-controllable variables matter? *Institut d'Economia de Barcelona, Centre de Recerca en Federalisme Fiscal I Economia Regional*. Barcelona
- Bovea, M.D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, A. e Colomer-Mendoza, F.J. (2010). Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste Management*, 30, 2383–2395.
- Bozeman (2016). *Commercial Garbage Collection*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <[http://www.bozeman.net/Departments-\(1\)/Public-Works/Soild-Waste/Collections/Commercial](http://www.bozeman.net/Departments-(1)/Public-Works/Soild-Waste/Collections/Commercial)>
- Cardoso, J. (2014). *Indicadores para a caracterização do sector dos resíduos e para a avaliação da qualidade do serviço prestado em Portugal*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Carvalho, J. M. (2011). *Custos e Benefícios, à escala local, de uma Ocupação Dispersa*”. Anexo 5 - *Custos de Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos*. Projecto de Investigação PTDC/AUR/64086/2006. Universidade de Aveiro, Universidade de Évora, DGOTDU, Aveiro, Março de 2011. Acedido em 23 de Setembro de 2015 em: <http://www.ua.pt/ii/ocupacao_dispersa>
- Carvalho, M. M. (2008). *Optimização de circuitos e indicadores de recolha de resíduos urbanos.Caso de estudo: Município de Almada*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Cascadia. (2012). Multifamily Recycling - Case Studies on Innovative Practices from Around the World. *Prepared for Waste Management, Snohomish County Solid Waste, King County Solid Waste*

- Division*. Cascadia Consulting Group. Acedido a 17 de Julho de 2015, em: <<http://wmnorthwest.com/2012summary/pdf/multifamilyinternational.pdf>>.
- CE. (2000). *Aplicação do Princípio do Poluidor-Pagador nos Países do Fundo de Coesão*. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. ISBN 92-828-6835-4
- CE (2005). *Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e social Europeu e ao Comité das Regiões – Avançar para uma utilização sustentável dos recursos: Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos*. (COM(2005) 666). Bruxelas: Comissão Europeia, UE.
- CE (2010a). *Being wise with waste: the EU's approach to waste management*. Acedido a 22 de Dezembro de 2015, em <<http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>>
- CE (2010b). *Decoupling Indicators Basket-of-Products Indicators: Waste Management Indicators Framework, Methodology, Data Basis and Updating Procedures*. European Commission, Joint Research Centre (JRC) and Institute for Environment and Sustainability, Bruxelas.
- CEN (2014). *CEN/TC 183/WG 1 – Waste containers*. (European Committee for Standardization): Acedido em 14 de Fevereiro de 2014, em: <http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:7293,25&cs=1963AB0E62521CCFF7015C670244E3A73>
- Chang, N.B., Pires, A. e Martinho, G., (2011). Empowering systems analysis for solid waste management: challenges, trends and perspectives. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 41, 1449–1530.
- Chang, N.B. e Wang, S. F. (1996). The Development of an Environmental Decision Support System for Municipal Solid Waste Management. *Comput., Environ. and Urban Systems*, 20(3), 201-212.
- Chiplunkar, A., Mehndiratta, S. e Khanna, P. (1981). Optimization of refuse collection systems. *Journal of Environmental Engineering Division* (ASCE 107 (EE6)), 1203–1211.
- Chowdhury, M. (2009). Searching quality data for municipal solid waste planning. *Waste Management*, 29, 2240–2247.
- CML, FCT e UTAD. (2015). *Guia dos Resíduos Urbanos – Indicadores Técnicos, Económicos e Sociais (versão draft do documento produzido no âmbito do projecto de investigação e desenvolvimento financiado pela SPV, com o mesmo nome)*. Lisboa.
- Contenur (2015). *Contentores*. Acedido em 05 de Janeiro de 2015, em: <<http://www.contenur.pt/produtos/contentores/>>
- Contenur (2016). *Contentores Subterrâneos (em castelhado: Contenedores Soterrados)*. Acedido em 14 de Agosto de 2016, em: <<http://www.contenur.com/productos/soterrados/>>
- Costal, J. (2014). A Vantagem Tecnológica no Setor dos Resíduos - Da visão à Realidade. *Estratégias de Sustentabilidade no setor dos resíduos (Smart Save Money and Reduce Trash)*. COMPTA - Emerging Business. Porto.
- Courcelle, C. K. (1998). Assessing the economic and environmental performance of municipal solid waste collection and sorting programs. *Waste Management and Research*, 16, 253-262.

- Dahlén, L. e Anders, L. (2008). Methods for household waste composition studies. *Waste Management*, 28, 1100-1112.
- Dahlén, L. e Lagerkvist, A. (2010a). Pay as you throw. Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. *Waste Management*, 30, 23-31.
- Dahlén, L. e Lagerkvist, A. (2010b). Evaluation of recycling programmes in household waste collection systems. *Waste Management & Research*, 28, 577–586.
- Dahlén, L., Åberg, H., Lagerkvist, A. e Berg, P. E. (2009). Inconsistent pathways of household waste. *Waste Management*, 29, 1798–1806.
- Dall, O. L. (2003). *Waste Indicators. Environmental Project 809*. Danish Environmental Protection Agency. Denmark: Danish Environmental Protection Agency. Acedido em 9 de Dezembro de 2015, em: <<http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7972-671-2/pdf/87-7972-672-0.pdf>>
- Decisão n.º 1386/2013/EU, de 20 de Novembro, do Parlamento Europeu e do Conselho – 7º Programa de Acção da União em Matéria de Ambiente. Viver bem, dentro dos limites do nosso planeta. *Jornal Oficial da União Europeia*, 28 de Dezembro de 2013. Bruxelas.
- Del Borghi, A. G. (2009). A survey of life cycle approaches in waste management. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(7), 597–610.
- Delloite. (2004). *Modelo de Cálculo do Valor de Contrapartida - versão final*. Instituto Nacional de Resíduos. Lisboa.
- Department of Solid Waste Management. (2012). Waste Development Guidelines, Planning Standards and Requirements for solid waste. The city of Edinburg, Department of solid waste management, The Office of the Director. Edinburg. Acedido em 27 de Outubro de 2015, em <<http://www.cityofedinburg.com/pdfs/SWM%20Waste%20Development%20Guidelines%20Planning%20Standards%20and%20Requirements%20for%20Solid%20Waste.pdf>>
- Gomes, M.L., Marcelino, M.M., Espada, M.G., Ramos, T., Rodrigues, V. (2000). *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Direcção Geral do Ambiente (DGA). Acedido em 26 de Janeiro de 2016, em: http://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Publicacoes/SIDS/SIDSPortugal_Proposta2000.pdf
- Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de Setembro, *Diário da República n.º 171, Série I*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Diaz, L. S. (2005). *Solid Waste Management. United Nations Environment Programme*. Paris.
- Domina, T. K. (2002). Convenience and frequency of recycling: implications for including textiles in curbside recycling programs. *Environ Behav.*, 34, 216–238.
- Dogan, K. e Süleyman, S. (2003). Report : Cost and financing of municipal solid waste collection services in Istanbul. *Waste Management & Research*, 21, 480–485.
- Despacho nº 454/2006, de 09 de Janeiro de 2006. PIRUE - Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos, *Diário da República*, 2ª série, 276-283. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- Ecofar (2013). Produtos (*Products*). Acedido em 02 de Março de 2014, em: <<http://www.ecofar.it/getcontent.aspx?nID=3&l=en>>

- Ecogestus. (2008). *Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis/EDV Energia, Estudo base, Versão Final*
1.1. Ecogestus - Resíduos, estudos e soluções, Lda.
- EEA (2003). *Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting*. EEA - European Environment Agency, Copenhagen, 20p.
- EEA (2005). *EEA Core Set of Indicators Guide. EEA Technical Report No. 1/2005*. ISSN 1725-2237. EEA - European Environment Agency, Copenhagen
- EEA (2013a). *Managing municipal solid waste — a review of achievements in 32 European countries*. European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2013b). *Municipal Waste Management in Portugal*. EEA - European Environment Agency, Copenhagen.
- Eisted, R. (2009). Collection, transfer and transport of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research*, 27 (8), 738-745.
- Eksioglu, B. V. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomy review. *Comput. Ind. Eng.*, 57, 1472-1483.
- El-Fadel, M., Findikakis, A., & Leckie, J. (1997). Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling. *Journal of Environmental Management*, 50, 1–25.
- Enco (2016). Contentores Enco (*Enco Trash Cans & Recycling Containers*). Acedido em 13 de Agosto de 2016, em: <<http://www.use-enco.com/1/1/93761-pail-silver-galvanized-steel-round-trash-cans-recycling-containers.html>>
- Engels (2014). Contentores enterrados e semi-enterrados (Catálogo). Acedido em 16 de Agosto de 2016, em: <http://www.engels.pt/content/user/File/downloads/PT/Tierso_contentores_enterrados_mail.pdf>
- ENVAC (2016a). *Vacuum system history*. Acedido em 09 de Agosto de 2016, em: <http://www.envacgroup.com/about-us/vacuum-system_history>
- ENVAC (2016b). Parque das Nações - World Expo 98 Lisbon. *Start / References / Southern Europe / Parc das Nacoes - World Expo 98 Lisbon*. Acedido em 09 de Agosto de 2016, em: <http://www.envacgroup.com/references/southern_europe/parc-das-nacoes-world-expo-98-lisbon>
- EPA (1996). *Environmental Indicators of Water Quality in the United States*. Office of Water (4503F). Washington, D.C.: EPA. Obtido em 16 de 12 de 2015, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/2000CZIX.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995%20Thru%201999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQField>
- EPA (1997). *Ful Cost Accounting for Municipal Solid Waste Management: A Handbook*. United States Environmental Protection.
- EPA (2002). *What is Integrated Solid Waste Management?*. Acedido em 16 de Dezembro de 2015 em : < www.epa.gov/globalwarming > e <<http://www3.epa.gov/climatechange/>>
- EPA (2008). *Sustainable Tribal Waste Management Programs – Evaluation of Key Indicators*. Acedido em 13 de Dezembro de 2015, em: < <http://epa.gov/region5/waste/>>

- Equinord (2009). *Products*. Acedido em 16 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.equinord.com/web/Default.aspx>>
- ERSAR (2012). *Apuramento de custos e proveitos dos serviços de águas e resíduos, Guia Técnico n.º 18*. Lisboa: ERSAR.
- ERSAR (2013). *Relatório técnico n.º 1/2013 - Implementação do princípio do poluidor-pagador no sector dos resíduos*. Novembro, Lisboa.
- ERSAR (2014). *Regulamento tarifário do serviço de gestão de resíduos urbanos* (aprovado a 17 de Fevereiro de 2014. Acedido em 03 de Junho de 2015, em: <<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?FolderPath=&FinalPath=Not%C3%ADcias&Name=Regulamentotarif%C3%A1riodoservi%C3%A7odegest%C3%A3oderes%C3%ADduosurb&Section=News&SubFolderPath=>>>
- ERSAR (2015). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 1 - Caracterização do Sector de Águas e Resíduos*. ISBN:978-989-8360-28-1. Lisboa.
- EuroStat. (04 de 03 de 2013). Stat 13/33. (EU, Ed.) *Eurostat newsrelease - Environment in the EU27*.
- Eurostat (2012). *Guidance on municipal waste data collection*. Eurostat - Unit E3 - Environment and forestry. Eurostat - Directorate E: Sectoral and regional statistics.
- Eurostat (2001). "The Development of Waste Indicators at European Union Level: some recent Eurostat experiences". *Conference of European Statisticians, Joint ECE/Eurostat Work Session on Methodological Issues of Environment Statistics, 1-4 October*. Ottawa, Canada
- Faccio, M. P. (2011). Waste collection multi objective model with real time traceability data. *Waste Management*, 12, 2391-2405.
- Farid (2016). *Products. Side Loading Compactors*. Aceido em 18 de Agosto de 2016, em: <http://www.faridindustrie.it/english/farid_products_side-loading_compactors.htm#>
- Faun (2015). *Refuse Vehicles. Rear Loaders*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <<http://www.faun.com/en/refuse-vehicles/rear-loaders>>
- Federico, G., Rizzo, G. e Traverso, M. (2009). In itinere strategic environmental assessment of an integrated provincial waste system. *Waste Management & Research*, 390–398.
- Feiock, R. C. e Kalan, G. L. (2001). Assessing the Performance of Solid Waste Recycling Programs Over Time. *The American Review of Public Administration*, 31:22.
- Folz, D. H. (1999). Recycling Policy and Performance : Trends in Participation, Diversion, and Costs. *Public Works Management Policy*, p. 4: 131.
- Forbes R McDougall, P. R. (2001). *Waste Management: a Life Cycle Inventory, second edition*. Oxford: Blackwell Science.
- Formato Verde (2013). *Contentores*. Acedido em 16 de Fevereiro de 2014, em <<http://www.formatoverde.com>>
- Fragkou, M., Vicent, T. e Gabarrell, X. (2010). A general methodology for calculating the MSW management self-sufficiency indicator: Application to the wider Barcelona area. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 390–399.
- Gallardo, A., Bovea, D., Colomer, F. e Prades, M. (2012). Analysis of collection systems for sorted household waste in Spain. *Waste Management*, 32, 1623-1633.

- Gallardo, A., Bovea, M., Colomer, F., Prades, M. e Carlos, M. (2010). Comparison of different collection systems for sorted household waste in Spain. *Waste Manag.*, 30, 2430-2439.
- Gallardo, A., Prades, M., Bovea, M., Colomer, D. e Francisco, J. (2011). Separate Collection Systems for Urban Waste (UW). Em *Cap 7. Universitat Jaume I, Castellón*.
- Gamberini, R. L. (2009). Evaluation and Comparison of Waste Collection Services. *Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium*. Sardinia : CISA Publisher, Itay.
- Gamberini, R., Del Buono, D., Lolli, F. e Rimini, B. (2013). Municipal solid waste management: Identification and analysis of engineering indexes representing demand and costs generated in virtuous Italian communities. *Waste Management*, 33, 2532–2540.
- Gamberini, R., Galloni, L., Rimini, B. e Beltrami, F. O. (2009). Evaluation and comparison of waste collection services. *Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium*. Sardinia.
- García-Sánchez, M.I. (2008). The performance of Spanish solid waste collection. *Waste Management & Research*, 26, 327–336.
- Genter, C. (2003). Innovative waste management products – European market survey. *Technology review* 147.
- Ghibaud, J. (1996). *USA Patente Nº US5702225 A*. Acedido em 18 de Agosto de 2016, em: <<https://www.google.com/patents/US5702225>>
- Ghose, M. D. (2006). A GIS based transport model for solid waste disposal – a case study on Asansol Municipality. *Waste Management*, 26 (11), 1278-1293.
- Gomes, A. P. (2008). Separate collection of the biodegradable fraction of MSW: An economic assessment. *Waste Management*, 28 (10), 1711-1719.
- González-Torre, P. e Adenso-Díaz, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management*, 25, 15–23.
- Gonzalez-Torre, P., Adenso-Diaz, B. e Ruiz-Torres, A. (2003). Some comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe. *Journal of Environmental Management*, 69, 129–138.
- Goulart, A. (2003). *Comparison of Deep Collection System with Traditional System*. Joint collaboration between the University of Aveiro (UA), Portugal and Tampere University of Technology (TUT), Finland. Aveiro: University of Aveiro (UA).
- Greco, G., Allegrini, M., Del Lungo, C., Savellini, P., & Gabellini, L. (2014). Drivers of solid waste collection costs. Empirical evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, 106, 364–371.
- Gy, P. (1995). I. Heterogeneity of a population of uncorrelated units. *Introduction to the theory of sampling*, 14, 67-76.
- Hage, O. S. (2008). An econometric analysis of regional differences in household waste collection: the case of plastic packaging waste in Sweden. *Waste Manage.*, 28, 1720–1731.
- Hasome, H., Tachio, K., Yokota, I. e Nitta, Y. (2001). Studies on the evaluation of municipal waste management systems. *Waste Manag Res*, 19, 2-11.
- Heil (2014). *Products*. Acedido em 05 de Março de 2014, em: <<http://www.heil.com/#>>
- Heil Farid (2014). *Product groups*. Acedido em 02 de Março de 2014, em: <<http://www.heilfarideu.com/heil-farid-products/product-groups>>

- Heink, U. K. (2010). What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators*, 10, 584–593.
- Hiab (2014). *Products*. Acedido em 01 de Março de 2014, em: <<http://www.hiab.com/en/global/products1/loader-cranes-100/hiab-10/products/selected-brand-hiab/>>
- Hideki Hashimotoa, T. I. (2006). The vehicle routing problem with flexible time windows and traveling times. *Discrete Applied Mathematics*, 154, 2271–2290.
- Hogg, D. (2001). *Costs for Municipal Waste Management in the EU. Final Report to Directorate General Environment, European Commission*. Eunomia Reserach & consulting, Ltd., on behalf of Ecotec- Reserach & consulting.
- HPEM. (2013). *Análise dos Inquéritos aos Muncípios, Pedidos e Reclamações 2009-2012*. Sintra: HPEM – Higiene Pública EEM.
- INE (2013). *IPC - Índice de Preços do Consumidor*. Acedido em 2 de Janeiro de 2013 em: <http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ipc>.
- INMETRO (1989). *Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio, Brasil*. Acedido em 16 de Julho de 2015, em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000091.pdf>>
- Intecus. (2015). *“Handbook on the implementation of Pay-As-You-Throw as a tool for urban waste management”*. Acedido a 20 de Setembro de 2015 em: <<http://web.tu-dresden.de/intecuspayt/>>
- IRAR, APA. (2008). Relatório de Acompanhamento 2007, PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos., p. 14, Lisboa.
- Iriarte, A. (2009). LCA of selective waste collection systems in dense urban areas. *Waste Management*, 29, 903-914.
- ISR (2003). *Análisis económico-ambiental de la recogida de residuos de envases*. ISR – Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos, CER, Madri.
- ISWA. (2007). *ISWA TECHNICAL POLICY NO. 5 - Storage, Collection, Transportation and Transfer of Solid waste. 2ª versão*. Acedido a 11 de janeiro de 2015 em: <<http://www.iswa.org/en/76/publications.html>>
- ISWA WGCTT . (2004). - *Working Group on Collection and Transportation Technology. Overview of Household Collection Systems in Different Cities and Regions*. ISWA.
- López; J.V., Soriano, F., Aguilar, M., León, B., Ramos-Catalina, P., Carretero C. (2007). *Metodología de Contenerización para residuos de envases ligeros: caso de Aranjuez*. E.T.S.I. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid, Dpto. Ingeniería Forestal. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Jenkins, R. M. (2003). The determinants of household recycling: a material-specific analysis of recycling program features and unit pricing. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, 294.
- Jensen, P. C. W. (2001). Recycling for all: preliminary criteria for the design of disability-friendly receptacles. *Waste Manage Res*, 19, 498–503.
- Johansson, O. (2006). The effect of dynamic scheduling and routing in a solid waste management system. *Waste Management*, 26, 875-885.

- Jørgensen, U. O. (2006). *Waste prevention, waste policy and innovation. Department of Manufacturing Engineering and Management*. Lyngby, Denmark: Technical University of Denmark.
- Kaliampakos, D. e Benardos, A. (2013). *Underground Solutions for Urban Waste Management: Status and Perspectives. ISWA Report*. ISWA, January 2013.
- Karadimas, N., Papatzelou, K. e Loumos, V. (2007). Optimal solid waste collection routes identified by the ant colony system algorithm. *Waste Management & Research*, 25, 139-147.
- Kinshofer (2014). *Container discharge units*. Acedido em 12 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.kinshofer.com/eng/index.php/en/crane-3/domestic-waste/container-discharge-units>>
- Kirkeby, J., Birgisdottir, H., Hansen, T. e Christensen, T. (2006). Environmental assessment of solid waste systems. *Waste Management & Research*, 24, 3-15.
- Kogler, T. (2007). *Waste Collection - A report With support from ISWA Working Group on Collection and Transportation Technology*. ISWA.
- Komilis, D.P. (2008). Conceptual modeling to optimize the haul and transfer. *Waste Management*, 28, 2355–2365.
- Larsen, A. W. (2010). Waste collection systems for recycables: An environmental and economic assesement for the municipality of Aarhus (Denmark). *Waste Management*, 30(30), 744-754.
- Larsen, A., Vrgoc, M., Christensen, T. e Lieberknecht, P. (2009). Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. *Waste Management & Research*, 27, 652–659.
- Lavita, M. (2008). *Circuitos de Recolha Selectiva Multi-material porta-a-porta*. . IST/UTL - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- Le Bozec, A. (2008). The implementation of PAYT system under the condition of financial balance in France. *Waste Management*, 28, 2786–2792.
- Lechner, P. (2004). *Kommunale Abfallentsorgung*. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Lelah, A. M. (2011). Contributions to eco-design of machine-to-machine product service systems: the example of waste glass collection. *Journal of Cleaner Production*, 19, 1033-1044.
- Lesceu, F. (2000). Selective collection systems in Europe. *Proceedings of the Waste Management under the New Directives*. November 7–8, Asturias, Spain .
- Levy, J. (2004). Panorama Nacional e a política dos 3 R (Logística Inversa). *Recursos, Resíduos e Reciclagem*. 25 de Outubro de 2004, IST, Lisboa.
- Levy, J. (2007). “Alteração da política tarifária”, IST, UTL. “*Resíduos – novas estratégias de gestão*”, 21 e 22 de Março de 2007. Tivoli, Lisboa.
- Levy, J. Q. e Cabeças, A. J. (2006). “*Resíduos urbanos – princípios e processos*”, AEPISA. Lisboa
- Levy, J. e Pinela, A. (2008). Sistemas Tarifários de RSU em Portugal. *A Política Ambiental na Fiscalidade sobre os Resíduos*. Porto, 21 de Julho de 2008: CESUR - Centro de Sistemas Urbanos e Regionais, IST, Lisboa.
- Levy, J., Oliveira, R., & Brito, J. (2004). O Sistema Produtivo – sumário. *Seminários sobre desenvolvimento sustentável, IST. 3ª sessão: recursos, resíduos e reciclagem. A logística*

- Inversa*. Obtido em 31 de 03 de 2007, de <http://seminarios.ist.utl.pt/03-04/des/ISTseminario/sprod/3sessao>.
- Levy, J., Oliveira, R. e Brito, J. (2007). "A logística inversa". *Seminários sobre desenvolvimento sustentável, IST. 3ª sessão: recursos, resíduos e reciclagem*. Acedido a 25 de Dezembro de 2013 em: <<http://seminarios.ist.utl.pt/03-04/des/ISTseminario/sprod/3sessao.h>>
- LNEC e ERSAR. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestado - 2.ª geração do sistema de avaliação, 2ª edição revista e actualizada*. Lisboa: LNEC, ERSAR.
- Lopez, L. (2010). Equipamentos de Recolha e Limpeza - Evoluções Tecnológicas. *I Jornadas Internacionais de Higiene Pública, 24 de Setembro de 2010*. RosRoca. Sintra
- Manutan. (2016). *Manutan. Acessórios de elevação ou de estivação*. Acedido em 16 de Agosto de 2016, em: <<http://www.manutan.pt/pt/map/acessorios-de-elevacao-ou-de-estivacao>>
- Marques, R. C. e Simões, P. (2009). Incentive regulation and performance measurement of the Portuguese solid waste management services. *Waste Management & Research*, 27, 188–196.
- Martinho, G. (1998). Factores Determinantes para os Comportamentos de Reciclagem. Caso de estudo: sistema de vidrões. *Tese de Doutoramento em Engenharia do Ambiente, especialidade Sistemas Sociais*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Martinho, G. (1999). *Material de Apoio da Disciplina de Sistemas de Recolha e Tratamento de Resíduos Sólidos. Licenciatura em Engenharia do Ambiente, 1999/2000*. Costa da Caparica: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias. Lisboa
- Martinho, G. (2006). *Material de Apoio da Disciplina de Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos. Mestrado e Pós-Graduação em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos*. Costa da Caparica: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologias. Lisboa
- Martinho, G. M. (2009). Instrumentos para a alteração de comportamentos - análise comparativa. 3º *Fórum Nacional de Resíduos, workshop 2 - Instrumentos económicos e de sensibilização para a redução de resíduos e promoção da reciclagem*. Lisboa
- Martinho, M. e Gonçalves, M. (2000). *Gestão de Resíduos*. Universidade Aberta. Lisboa
- Massouda, M., El-Fadelb, M. e Malak, A. A. (2003). Assessment of public vs private MSW management: a case study. *Journal of Environmental Mangement*, 69, 15-24.
- Masukado, L. (2004). *Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares*. Centro de Ciências Exactas e de Tecnologia. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.
- McLeod, F. e Cherrett, T. (2011). Waste Collection. Em T. V. In: Letcher, *Waste A Handbook for Management* (pp. 61-76). Elsevier Inc., Burlington
- McMullen, C. (2016). How One Florida County's Transition to Automated Waste Collection is Going. (S. W. Recycling, Ed.) Canada. Acedido em 18 de Agosto de 2016, em: <<http://www.solidwastemag.com/Features/how-one-florida-countys-transition-to-automated-waste-colle/>>

- Media, D. P.-C. (12 de 11 de 2015). Obtido em 04 de 03 de 2016, de <http://www.postcrescent.com/story/news/local/2015/11/12/kaufert-budgets-automated-curbside-pickup/75570848/>
- Mesquita, J. (2007). Gestão integrada de resíduos sólidos - Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Em *Coordenação de Karin Segala*. (p. 39 p.). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Acedido em 16 de 12 de 2015, em <<http://livroaberto.ibict.br/handle/1/796>>
- Miller, L. e Delbridge, P. (1995). *Waste Management in Hampshire. Feedback on The Strategy*. December 1995.: Miller Associates e PDA International.
- Mofil (2014). *Mofil Monobloc Compactors*. Acedido em 17 de Fevereiro de 2014, em: http://www.mofil.pt/fich_up/compactador%2015m3.pdf
- Molok (2009). *Products*. Acedido em 20 de Fevereiro de 2014, em: <http://www.molok.com/main.php?loc_id=8>
- Molok (2011). *Original Molok, by Veikko Salli*. Acedido em 05 de 03 de 2015, em <http://www.molok.com/uploaded/downloads/eng/MOLOKme_englanti02022011.pdf>
- Moreira, A. R. (2008). *Análise de circuitos de recolha de RSU indiferenciados e avaliação da influência de variáveis operacionais na produtividade dos circuitos*. Dissertação apresentada na FCT, UNL para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Monte da Caparica: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Nguyen, T. e Wilson, B. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research*, 28, 289–297.
- Nilsson (2010). *Solid Waste Technology & Management*. Chichester: Christensen, T.H. (eds) John Wiley & Sons, Ltd. ISBN:978-1-405-17517-3
- Nord Engineering (2016). *Equipo Easy. New Easy City, Contenedores de Superfície (em castelhano:Contenedores de superficie)*. Nord Engineering Madrid. Acedido a 4 de Janeiro de 2016 em <<http://www.nordengineering.com/es>>
- OCDE (1993). *OCDE Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews - A synthesis report by the Group on the State of the Environment*. Paris: OCDE. Acedido em 11 de 12 de 2015
- OCDE (2003). *OCDE Environmental Indicators - Development, Measurement and Use, Reference Paper*. OCDE, OCDE Environment Directorate, Environmental Performance and Information Division. Paris: OCDE. Acedido em 13 de 01 de 2016, em <<http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>>
- OCDE (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, Waste –Investing in energy and resource efficiency*. November, 2011. OCDE.
- OCDE (2001). *Extended Producer Responsibility: a Guidance Manual for Governments*. OECD, Paris. OCDE. Paris.
- O'Leary, P. e Walsh, P. (1995). *Decision Maker's Guide to Solid Waste Management, Second Edition*. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste, RCRA Information Center.

- Ontario Ministry of Labour (2009). Mobile Compacting Equipment Descriptions. Junho, 2009. Ontario. ISBN: 978-1-4249-6190-0
- ONU (2005). *Solid Waste Management, Appendix C: Performance Indicators For Solid Waste Services*. Obtido em 22 de 12 de 2015, de <http://www.unep.org/>
- Ordoñez, I., Harder, R., Nikitas, A., & Rahe, U. (2015). Waste sorting in apartments: integrating the perspective. *Journal of Cleaner Production*, 106, 669–679.
- Ott, W. (1978). *Environmental Indices: Theory and Practice*. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science.
- OVO Solutions. (2012). *OVO Solutions*. Acedido em 15 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.ovosolutions.com/>>
- Parfitt, J. F. (1997). Methodological problems in the generation of household waste statistics: an analysis of the United Kingdom's National Household Waste Analysis Programme. *Applied Geography*, 17, 231–244.
- Passarini, F. V. (2011). Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions. *Waste Manag.*, 31, 785-792.
- Pássaro, D. (2007). Regulação económica no sector dos resíduos. *apresentação na conferência "Resíduos - novas estratégias de gestão"*, (pp. 21 e 22 de Março,). Tivoli, Lisboa.
- PCAESG (1999). *Recycling used packaging from the domestic waste stream: Consumer awareness and education* PCAEG - Packaging Consumer Awareness and Education Steering Group. Acedido em 30 de Outubro de 2015, em: <<https://www.ipsos-mori.com/researchpublications/researcharchive/1891/Recycling-Used-Packaging-From-The-Domestic-Waste-Stream-Consumer-Awareness-And-Education.aspx>>
- PernambucoLeiaJá.com (2016). Acedido em 18 de 08 de 2016, em: <www.pernambuco.ig.com.br>
- Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro, do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Diário da República (I Série) n.º 179, de 17 de setembro de 2014 (aprova o PERSU 2020 - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos para Portugal Continental).
- Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Diário da República (I Série), N.º 30, 12 de Fevereiro de 2007 (aprova o PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para Portugal Continental no período 2007-2016).
- Petersen, C. H. e Berg, P. E. (2004). Use of recycling station in Börlange, Sweden - volume weights and attitudes. *Waste Management*, 24, 911-918.
- Pferdehirt, W., O'Leary, P. e Walsh, P. (January de 1993). Developing an Integrated Collection Strategy. Waste Recycling Collection Course, Lesson One. *Waste Age*, 1, 25-38.
- Pieber, M. (July- August de 2004). Waste collection from urban households in Europe and Australia. *Waste Management World*, 111-124.
- Piedade, M., & Aguiar, P. (2010). *Opções de gestão de resíduos urbanos - Série de guias técnicos n. 15 (ERSAR)*. Lisboa, Março de 2010: ERSAR.
- Pielke, J. (2004). When scientists politicize science: making sense of. *Environmental Science & Policy*, 7, 405.

- Pires, A., Martinho, G., Ribeiro, R., Mota, M., & Teixeira, L. (2015). Extended producer responsibility: a differential fee model for promoting sustainable packaging. *Journal of Cleaner Production*, 108, 343-353.
- PNGR. (2015). *PNGR - Plano Nacional de Gestão de Resíduos, Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015 - Diário da República n.º 52/2015, 2º Suplemento, Série I de 2015-03-16*. Diário da República.
- PORDATA. (2015). *Resíduos urbanos recolhidos selectivamente por habitante (R) nos Municípios*. Acedido em 26 de Novembro de 2015 em: <[http://www.pordata.pt/Municipios/Res%C3%ADduos+urbanos+recolhidos+selectivamente+por+habitante+\(R\)-439](http://www.pordata.pt/Municipios/Res%C3%ADduos+urbanos+recolhidos+selectivamente+por+habitante+(R)-439)>
- Poulsen, O. M., Niels, O. B., Niels, E., Ase, M. H., Ulla, I., Lelieveld, D. e Wilkins, C. (1995). Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *The Science of the Total Environment*, 170 (1-2), 1-19.
- PROEurope. (12 de 11 de 2015). Overview. Obtido em 12 de 11 de 2015, de <http://www.pro-e.org/About.html>
- R. Vijay, A. G. (2008). GIS-based locational analysis of collection bins in municipal solid waste management systems. *J. Environ. Eng. Sci.*, 7, 39–43.
- Rada, E., Ragazzi, M., & Fedrizzi, P. (2013). Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. *Waste Management*, 33, 785–792.
- Reichenbach, J. (2008). Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe – A review of pilot research and implementation studies. *Waste Management*, 28, 2809–2814.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015. *Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020* Diário da República, N.º 52/2015, 1ª série. Ministério do Ambiente.Lisboa
- Rhoma, F. Z. (2010). Environmental & Economical Optimization for Municipal Solid Waste Collection Problems, A Modeling and Algorithmic Approach Case Study. (MAME. *Mathematical Methods, Computation Techniques, Intelligent Systems, (MAMECTIS'10)*, 205-211.
- Rhyner, C. S. (1995). *Waste Management and Resource Recovery*. Lewis Publishers.
- Rhyner, C. W. (1976). Domestic solid waste and household characteristics. *Waste Age. Waste Age*, 7(50), 29–30.
- Ribeiro, A., Castro, F., Macedo, M. e Carvalho, J. (2011). Waste Management in Portugal and Europe - An overview os the past, present and future. *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities - 1st International Conference*.
- Ricci, M. (2003). Economic assessment of separate collection cost: tools to optimize it and the advantage of operative integration. . In: *Contributions of the ECN Workshop, "The Future of Source Separation of Organic Waste in Europe"*. Barcelona, Spain.
- Rigamonti, L., Ferreir, S., Grosso, M. e Marques, R. (2015). Economic-financial analysis of the Italian packaging waste management system from a local authority's perspective. *Journal of Cleaner Production*, 87, 533-541.

- Ristić, G. (2005). Basic Indicators of Integrated Solid Waste Management. FACTA UNIVERSITATIS, Series: Working and Living Environmental Protection, 2(5), 383 - 392.
- Rives J., Rieradevall, J., Gabarrell, X. (2010). LCA comparison of container systems in municipal solid waste management. *Waste Management*, 30, 949–957.
- Rizzoli, A., Montemanni, R., Lucibello, E. e Gambardella, L. (2007). Ant colony optimization for realworld vehicle routing problems – from theory to applications. *Swarm Intell*, 1, 135-151.
- Rodrigues, S., Martinho, G. e Pires, A. (2013). Benchmarking of packaging waste selective collection technical solutions. Em C. V. Fernando Castro (Ed.), 2nd International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities, CVR – Centro para a Valorização de Resíduos (pp. 335-336). ISBN 978-989-97429-4-9. Braga
- Rodrigues, S., Martinho, G. e Pires, A. (2013). Taxonomia para sistemas tecnológicos de recolha de resíduos. Em A. I. Carlos Borrego (Ed.), *10ª Conferência Nacional do Ambiente – Repensar o Ambiente: Luxo ou inevitabilidade. vol IV*, pp. 909-910. Aveiro, 11/2013.: Universidade de Aveiro. Carlos Borrego, Ana Isabel Miranda, Luís Arroja, Teresa Fidélis, Eduardo Anselmo Castro, Ana Paula Gomes (eds).
- Rodrigues, S., Pires, A. e Martinho, G. (2016). Waste collection systems. Part A: a taxonomy. *Journal Of Cleaner Production*, 113C, 374-387.
- Rogge, N. e De Jaeger, S. (2012). Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing. *Waste Management*, 32 , 1968–1978.
- Rosroca (2014a). Sistema de recogida neumática. Espanha. Acedido em 17 de Março de 2014, em: <<http://www.rosroca.com/es/productos/recogida-de-residuos/recogida-neumatica/>>
- Rosroca (2014b). Produtos Ros Roca (*Ros Roca Products*). Acedido em 15 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.rosroca.com/en/products/integral-waste-collection.html>>
- Rosroca. (2014c). *Side Loading Refuse Collectors. Speedline Brochure*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <<http://www.rosroca.com/en/products/waste-collection/side-loading/speedline-side-loading-waste-collector.html>>
- Ross, D. E. (2010). Affordability is key to proper solid waste management - Editorial. *Waste Management & Research*, 287-288.
- Sanjeevi, V., & Shahabudeen, P. (2015). Development of performance indicators for municipal solid waste management (PIMS): A review. *Waste Management & Research*, 1-14.
- Sanjeevi, V., & Shahabudeen, P. (1 de 2016). Optimal routing for efficient municipal solid waste transportation by using ArcGIS application in Chennai, India. *Waste Management & Research*, 34, 1(1), 11-21.
- Santos, R. F., Santana, F., Antunes, P., Martinho, M. G., Jordão, L., Sirgado, P. e Neves, A. G. (1994). Sistema de Resíduos Sólidos do Município de Lisboa - Análise da Estrutura de Custos do Sistema de Resíduos Sólidos. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa.
- Satué, S. (2000). “Gestión Eficiente: fase de recogida selectiva”.
- Sbihi, A., & Eglese, R. (2007). Combinatorial Optimization and Green Logistics. *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*, 5, 99-116.

- Scharff, C. e Vogel, G. (1994). A comparison of collections systems in European cities. *Waste Management & Research*, 12, 5, 387–404.
- Seadon, J. (2010). Sustainable waste management systems. *J Clean. Prod.*, 18, 1639-1651.
- Setubal, M. (25 de 02 de 2015). Site do Município de Setúbal, Foto de ilustração da notícia "Novos contentores melhoram higiene". início > Atividade Municipal > Ambiente > notícias, Setubal. Obtido em 04 de 03 de 2016, de <http://www.mun-setubal.pt/pt/noticia/novos-contentores-melhoram-higiene/2766>
- Shekdar, A. e Mistry, P. (2001). Evaluation of multifarious solid waste management systems – A goal programming approach. *Waste Management & Research*, 19, 391– 402.
- Shuster, K. e Schur, D. (1974). *Heuristic Routing for Solid Waste Collection*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Silva, M. (2005). *Indicadores de Produção e Reciclagem de RSU Factores Determinantes na Produção e Reciclagem de RSU. Dissertação de Mestrado apresentada na UNL, FCT*. Monte da Caparica: Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL.
- Simões, P., Cruz, N., & Marques, R. (2012). The performance of private partners in the waste sector. 29-30, 214-221.
- Solim. (2016). *Ficha Técnica do sistema de recolha bilateral, "Easy"*. Madrid: Nord Engineering, NordEasyIbérica, s.l.u.
- Soma (2016a). *Carga de topo e multifunções*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <<http://soma.pt/index.php/component/spsimpleportfolio/item/2-carga-topo-multifuncoes>>
- Soma (2016b). *Satélites*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <<http://e-impressaotua.pt/soma/index.php/component/spsimpleportfolio/item/15-satelites>>
- Sonesson, U. (2000). Modelling of waste collection - a general approach to calculate fuel consumption and time. *Waste Management & Research*, 18, 115-123.
- Sopinal (2016). *Contentores Polietileno Circulares*. Acedido a 7 de Julho de 2016 em: <<http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno-circulares.html>>
- Sopsa (2012). *Produtos. Semi-enterrados para RSU's*. Acedido em 25 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.sopsa.pt/pt/node/244>>
- Sora, M. e González, J. (2014). *Economic balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimisation*. Comimissioned by the Association of Catalan Municipalities for Door-to-Door Selective collection to Fundació ENT.
- Sotkon (2007). *Mbe Sotkon – Contentores Subterrâneos para Resíduos Sólidos Urbanos – Descrição técnica) em Castelhana: Mbe Sotkon – Contenedores Subterrâneos para R.S.U. – Memória Técnica). Construnário*. Acedido em 15 de Outubro de 2010, em: <<http://www.construnario.com/catalogo/mbe-sotkon-sl/catalogos>>
- Sotkon (2016). *Sotkon. Gallery*. Acedido em 16 de Agosto de 2016, em: <<http://www.sotkon.com/en/4/gallery>>
- Souza, R. V., Pinto, J. M., Cimini, C. A., & Pereira, S. L. (2010). Evaluation of pitch up of two-axle solid waste collection compactor trucks in the static condition. *Waste Management & Research*, 0(0) *Waste Manag Res OnlineFirst, published on April 20, 2010*

- SPV. (2009). *Valores de contrapartida (documento interno, extracto)*.
- Sulo (2013). *Collect/Seperate*. Acedido a 5 de Janeiro de 2014, em <<http://www.sulo.com/index.php/en/products/collect-separate>>
- Sulo (2014). *Products. Sulo*. Acedido em 15 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.sulo.com/index.php/en>>
- Sulo (2015). *Bin Systems*. Acedido em 14 de Julho de 2016, em: <<http://www.sulo.de/index.php/en/collect-separate2/bin-systems2>>
- Tai, J. Z. (2011). Municipal solid waste source-separated collection in China: A comparative analysis. *Waste Manag.*, 31, 1673-1682.
- Tandon, G. (2014). Solid Waste Management (Unit-V), Environmental Engg-! Obtido em 04 de 03 de 2016, de <http://www.slideshare.net/gauravhtandon1/solid-waste-management-unitv>
- Tanskanen, J. (2000). Strategic planning of municipal solid waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 30, 111–133.
- Tanskanen, J. e Kaila, J. (2001). Comparison of methods used in the collection of source-separated household waste. *Waste Management and Research*, 19, 486–497.
- Tanskanen, J. e Melanen, M. (1999). Modelling separation strategies of municipal solid waste in Finland. *Waste Management and Research*, 17, 80-92.
- Tavares, G., Zsigraiova, V., Semião, V. e Carvalho, M. (2009). Optimisation of WSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling. *Waste Management*, 29, 1176-1185.
- Taylor, D. (1999). Mobilizing resources to collect municipal solid waste: illustrative East Asian case studies. *Waste Management & Research*, 17, 263-274.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.
- Teerioja, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H. e Merta, E. (2012). Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance. *Waste Management*, 32, 1782–1791.
- Teixeira, C. A., Russo, M. M. e Bentes, I. (2014). Evaluation of operational, economic, and environmental performance of mixed and selective collection of municipal solid waste: Porto case study. *Waste Management & Research*, 32 (12), 1210–1218.
- Theisen, H. (2002). Collection of Solid Waste. Em G. Tchobanoglous, & F. Kreith, *Handbook of Solid Waste Management* (pp. 7.1-7.27). McGraw-Hill Handbooks.
- Thuy T.T. Nguyen, B. G. (2010). Fuel consumption estimation for kerbside municipal solid waste (MSW) collection activities. *Waste Management & Research*, 28, 289–297.
- TNL. (2014). *The ecosound - Catálogo de produtos*. TNL. Porto.
- TNL (2015a). *Waste system bigtainer*. Acedido em 01 de Março de 2015, em: <http://www.tnl.pt/lmgs/articles/article_78/bigtainer-tnl-2_0-pt.pdf>
- TNL (2015b). *Bx Ecotainer*. Acedido em 01 de Março de 2015, em: <http://static.livengine.net/tnl/lmgs/articles/article_69/ecoTAINER_TNL_EN_v3.pdf>
- TNL (2016). *Citytainer*. Acedido em 14 de Agosto de 2016, em: <<http://www.tnl.pt/articles/2-citytainer>>

- Translift (2014). *Products. Sideloader collection vehicles*. Acedido em 18 de Agosto de 2016, em: <<http://www.vdltranslift.nl/?page/6629602/Sideloader+|+Plus.aspx>>
- 3Drivers, IST. (2012). *Contributos do SIGRE para o Desenvolvimento Socioeconómico e Ambiental de Portugal*. SPV.
- tvi24. (2014). Greve na recolha de lixo em Sintra (notícia publicada online a 07 de 04 de 2014. Fonte da imagem: agência lusa). Acedido em 18 de Agosto de 2016, em: <<http://www.tvi24.iol.pt/economia/stal/greve-na-recolha-de-lixo-em-sintra>>
- UBA (2009). *Collection*. Acedido em 04 de 12 de 2012, em:<http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft-e/best-practice-mwm/data_en/COLLECTION.pdf>
- UE (2003). *Recomendação da Comissão Europeia de 10 de Julho de 2003 relativa a orientações para a aplicação do Regulamento (CE) nº 761/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho*. Comissão Europeia, (C(2003) 2253).
- UE (2006). *Directiva 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006 relativa aos resíduos*. Jornal Oficial da União Europeia. Acedido a 7 de Julho de 2011 em :<<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0012&from=PT>>
- UrbanDNA. (2011). (URBAN DNA MOBILIÁRIO URBANO, Lda) Acedido em 19 de Julho de 2011 em: <<http://www.urban-dna.pt/>>
- Uriarte, F. A. (2008). *Solid Waste Management: Principles and Practices*. The University of the Philippines Press. ISBN 978-971-542-557-5.
- Vecofabril. (2016). *Produtos*. Acedido em 17 de Agosto de 2016, em: <<http://www.vecofabril.pt/produtos.php>>
- Vetroplast. (2016.). *Divisão Ecologia. Os nossos produtos (em Italiano: Divisione Ecologia. I nostri Prodotti)*. Acedido em 14 de Agosto de 2016, em: <<http://www.vetroplast.com/divisione-ecologia/>>
- Veras, V. (2012). Recycling in Europe, 29 November 2012. *1st International EIMPack International Conference Municipal Waste Europe*. Lisboa.
- Vidal, R. G. (2001). Integrated analysis for pre-sorting and waste collection schemes implemented in Spanish cities. *Waste Manag. Res.*, 19, 380-390.
- Vijay, R., Gautam, A., Kalamdhad, A., Gupta, S. e Devotta (2008). GIS-based locational analysis of collection bins in municipal solid waste management systems. *J. Environ. Eng. Sci.*, 7, 39–43.
- Vilatersana, C. (2010). Optimização dos circuitos de recolha - soluções para o futuro. *I Jornadas Internacionais de Higiene Pública*. MOBA. Sintra.
- Ville de Chantepie (2015). *Déchets. La collecte de vos déchets*. Acedido em 16 de Agosto de 2016, em: <<http://www.chantepie.fr/accueil/vie-quotidienne/dechets>>
- Villiger (2014). *Produtos.Sub.Vil*. Acedido em 20 de Março de 2014, em: <<http://www.villiger.com/sub-vil-en.html>>
- Viotti, P. P. (2003). Genetic algorithms as a promising tool for optimisation of the MSW collection routes. *Waste Management & Research*, 21, 292–298.

- Vitorino, S. (2008). *Um Contributo para a Avaliação do Desempenho do Serviço de Gestão de RSU do Município de Tarouca*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real
- Waite, R. (1995). *Household waste recycling*. London: Earthscan Publications Ltd. .
- Weber (2006). *Products. Weber*. Acedido em 16 de Fevereiro de 2014, em: <<http://www.w-weber.com/engl/start.html>>
- Weng, Y.C. e Fujiwara, T. (2011). Examining the effectiveness of municipal solid waste management systems: An integrated cost–benefit analysis perspective with a financial cost modeling in Taiwan. *Waste Management*, 31, 1393–1406.
- White, P., Dranke, M. e Hindle, M. (1995). *Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory*. Glasgow: Blackie Academic & Professional, an imprint of Chapman and Hall.
- Wilson, D. C. e Scheiinberg, A. (2010). What is good practice in solid waste management? (Guest Editorial). *Waste Manag Res*, 28, 1055–1056.
- Wilson, D. S. (2007). Using research-based knowledge to underpin waste and resources policy. *Waste Management Research*, 25, 247–256.
- Zaman, A. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36, 682–693.
- Zoeller (2014). *Refuse collection vehicles*. Acedido em 04 de Março de 2014, em: <<http://www.zoeller-kipper.de/en/products/refuse-collection-vehicles.html>>
- Zubrüg, C. Z. (2015). *Course “Municipal Solid Waste Management in Developing Countries”*. Acedido em 30 de 11 de 2015, em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cQRiYkO8PGw&feature=youtu.be>>

ANEXOS

ANEXO AI – SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: INDICADORES DE RECOLHA

AI.1 – INDICADORES OPERACIONAIS

Tabela AI.1.1 – Indicadores Globais de Caracterização do Sistema

INDICADORES GLOBAIS – CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Tipo de recolha – formal ou informal		Zaman (2014)
Tipos de resíduos recolhidos separadamente		Zaman (2014)
Método principal de recolha		Accounts Comission (2000)
Quantidade recolhida por unidade de tempo	t/dia, mês, ano	Accounts Comission (2000); Carvalho (2008)
Capacidade instalada (contentorização) em peso ou em volume	Kg/ m3	Santos, et al. (1994); Moreira (2008); Carvalho (2008)
Percentagem de resíduos recicláveis (total e/ou por fluxo) no total de resíduos recolhidos	%	Gamberini <i>et al.</i> (2009), Federico, Rizzo e Traverso (2009), (LNEC e ERSAR (2013)
Capitação (ou Quantidades per capita), total, para cada fluxo de resíduo/material e/ou por tipo de origem (doméstica, comercial, industrial, etc), por ano ou dia.	Kg/hab	Dall (2003), Gallardo (2010), Santos <i>et al.</i> (1994)
Número de operadores (trabalhadores directos)	.	Accounts Comission (2000);
Número de funcionários por viatura		Komilis (2008)
Toneladas recolhidas por operador (trabalhadores directos) e por ano	t/operador.ano	Accounts Comission (2000), Bosch (2001)
Número total equivalente de empregados a tempo inteiro afetos ao serviço por 1000 t de resíduos recolhidos	n.º/t	LNEC e ERSAR (2013)
Taxa de absentismo / n.º de dias de baixa por ano	%, unid/ano	Accounts Comission (2000); Carvalho (2008)
N.º de acidentes de trabalho por trabalhador por ano	unid/ano	Carvalho (2008)
Toneladas de resíduos recicláveis obtidos por número de empregados	t/operador	Federico, Rizzo e Traverso (2009)
Toneladas de recicláveis obtidos por serviço em relação à capacidade total do sistema	-	Federico, Rizzo e Traverso (2009)
Relação da capacidade Instalada com a quantidade recolhida (em peso)	%	Santos <i>et al.</i> (1994);

(continua)

Tabela AI.1.2 – Indicadores Operacionais – Planeamento de Circuitos, Tempos e Distâncias

INDICADORES OPERACIONAIS – PLANEAMENTO CIRCUITOS		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Número médio de pontos visitados por dia/circuito	unid/dia	Delloite (2004); Moreira (2008)
Frequência de recolha	n.º/ponto.ano (mês/semana)	Delloite (2004); Del Borghi (2009); Zaman (2014); Accounts Commission (2000)
Coeficiente de concentração dos circuitos	%	Santos <i>et al.</i> (1994);
Velocidade média de trajecto	Km/h	Santos <i>et al.</i> (1994); Moreira (2008)
Quantidade média de RU recolhidos por circuito/dia	t/circuito.dia	Moreira (2008)
Quantidade recolhida por ponto de recolha	t/ponto	Moreira (2008)
Número de fretes/voltas por circuito (e por dia)	unid/circuito	Moreira (2008); Carvalho (2008)
INDICADORES OPERACIONAIS – TEMPOS		
Tempo de recolha por operador	h/operador	Sonesson (2000)
Tempo de recolha por contentor	min/unid	Gamberini <i>et al.</i> (2009)
Tempo por residência servida ou ponto de recolha	t/ponto	Sonesson (2000), Moreira (2008); Ecogestus (2008)
Tempo no local de deposição (por circuito)	t	Moreira (2008); Carvalho (2008)
Tempo de e para a garagem (por circuito)	t	Moreira (2008); Carvalho (2008)
Tempo para transporte por circuito	h/circuito	Sonesson (2000); Moreira (2008)
Tempo não produtivo (pausas ou actividades não relacionadas com a actividade de recolha - almoço, trocas viaturas, etc.) por circuito	h/circuito	Carvalho (2008)
Tempo efectivo de recolha por circuito		Moreira (2008); Carvalho (2008)
Tempo necessário (total) por circuito	h/circuito	Delloite (2004); Benjamin (2010); Komilis (2008), Sanjeevi (2016), Moreira (2008)
Tempo total por tonelada recolhida	h/t	Sonesson (2000), Teixeira <i>et al.</i> (2014)
Tempo efectivo de recolha por tonelada recolhida	h/t	Teixeira <i>et al.</i> (2014)
Tempo de espera (“tempo não utilizado” ou não produtivo) por quilómetro percorrido	(min/km)	Santos <i>et al.</i> (1994)
Tempo de espera (ou não produtivo) por hora de trabalho efectivo (min/hora)	min/h	Santos <i>et al.</i> (1994)

(continua)

INDICADORES OPERACIONAIS – TEMPOS		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Razão entre as horas de trabalho efectivo e o horário normal	%	Santos <i>et al.</i> (1994); Moreira (2008)
Rácio entre o número de minutos dispendidos e o número de minutos disponíveis por viatura	%	Delloite (2004)
Quantidade media recolhida por hora de operador (número total de horas de trabalho)	t/h.operador	Gamberini <i>et al.</i> (2009), Ecogestus (2008)
Quantidade media recolhida por hora de trabalho efectivo	t/h	Santos <i>et al.</i> (1994); Moreira (2008), Carvalho (2008), Teixeira <i>et al.</i> (2014)
Quantidade media recolhida por hora de utilização de viatura	t/h	Gamberini <i>et al.</i> (2009)
INDICADORES OPERACIONAIS - DISTÂNCIAS		
Distância (média) total por circuito (e/ou por dia)	km/circuito	Delloite (2004), Larsen (2009), Moreira (2008)
Distância para local de eliminação	km	Del Borghi (2009), Anghinolfi (2013)
Distância total por tonelada recolhida (por circuito)	km/t	Teixeira <i>et al.</i> (2014); Anghinolfi (2013); Benjamin (2010), Komilis (2008), Sanjeevi (2016), Zaman (2014)
Distância efectiva por tonelada recolhida (por circuito)	km/t	Teixeira <i>et al.</i> (2014)
Distância efectiva de recolha por circuito	km	Moreira (2008); Carvalho (2008)
Distância de transporte		Del Borghi (2009), Carvalho (2008)
Quantidade de RU removidos por km de recolha efectiva	(kg/km)	Santos <i>et al.</i> (1994), Moreira (2008), Carvalho (2008)
Distância no local de deposição (por circuito)	km	Moreira (2008), Carvalho (2008)
Distância de e para a garagem (por circuito)	km	Moreira (2008), Carvalho (2008)

Tabela A1.1.3 – Indicadores Operacionais – Combustível e Emissões

INDICADORES OPERACIONAIS - COMBUSTÍVEL e EMISSÕES		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Consumo de combustível (por circuito) por tonelada (ou por 1000 t)	l/t	Teixeira <i>et al.</i> (2014); Moreira (2008), Nguyen (2010), Larsen (2009), LNEC e ERSAR (2013)
Consumo de combustível por quilómetro	l/km	Moreira (2008)
Quociente entre o consumo de combustível e o peso bruto da viatura	l/t	Larsen (2009)
Quociente entre o consumo de combustível (recolha efectiva) e a quantidade total de resíduos recolhidos	l/t	Larsen (2009)
Emissões na recolha: toneladas de CO ₂ emitidas por volume de recicláveis recolhidos	t CO ₂ /m ³	Anghinolfi (2013)
Emissões de CO na recolha selectiva (em kg CO) por tonelada recolhida	Kg CO/t	Federico, Rizzo e Traverso (2009)
Emissões de GEE nos veículos de recolha (em kg equiv. CO ₂) por tonelada recolhida	Kg equiv CO ₂ /t	Cardoso (2014) ¹⁰² , LNEC e ERSAR (2013), Nguyen (2010)

¹⁰² A ERSAR calcula apenas para a recolha indiferenciada, (Cardoso, 2014)¹⁰² acrescenta para a recolha selectiva

Tabela AI.1.4 – Indicadores Operacionais de Equipamento

INDICADORES OPERACIONAIS – EQUIPAMENTOS (Viaturas)		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Dimensão da frota, número de viaturas utilizadas (num dia)	Unid.	Anghinolfi (2013); Benjamin (2010); Komilis (2008), Sanjeevi (2016).
Número e capacidade unitária das viaturas (assumindo uma taxa de enchimento média de 90%)	Unid, m3	Delloite (2004)
Peso líquido da viatura	t	Larsen (2009)
Número de viaturas utilizadas por quantidade recolhida	Unid/t	Bosch (2001)
Rácio da quantidade de resíduos recolhidos de forma indiferenciada pela capacidade anual instalada de viaturas de recolha	t/m3	LNEC e ERSAR (2013)
Toneladas recolhidas por viatura (peso da descarga) e/ou por dia (incluindo viaturas de reserva)	t/unid.dia	Accounts Comission (2000); Ecogestus (2008), Larsen (2009)
Quociente entre a capacidade média e máxima registada nas descargas e a capacidade máxima útil nominal das viaturas (em peso)	Kg/kg	Ecogestus (2008)
Número de avarias por número de serviços efectuados	%, -	Santos <i>et al.</i> (1994)
Renovação do parque de viaturas: distância média acumulada por viatura afeta ao serviço de recolha de resíduos.	Km	LNEC e ERSAR (2013)
INDICADORES OPERACIONAIS – EQUIPAMENTOS (Contentores)		
Número total de contentores (no conjunto de todos os circuitos)	Unid	Carvalho (2008)
Número de contentores por 1000 habitantes	Unid/hab	Federico, Rizzo e Traverso (2009)
Número de pontos de recolha por km2	Unid/km2	García-Sánchez (2008)
Número de ecopontos por habitante	Unid/hab	Waite (1995), Levy e Cabeças, (2006)
Cobertura do serviço: percentagem do número de alojamentos com serviço de recolha indiferenciada a uma distância inferior a 100 m ou 200 m, para a recolha indiferenciada e selectiva, respectivamente)	%	LNEC e ERSAR (2013)

(continua)

INDICADORES OPERACIONAIS – EQUIPAMENTOS (Contentores)		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Resposta às necessidades de contentorização por alojamento	m3/fogo	Cardoso (2014)
Número de contentores por quantidade recolhida	unid/t	Bosch (2001)
Quantidade média recolhida por contentor (por semana)	t/unid	Gamberini <i>et al.</i> (2009)
Quantidade total de resíduos recolhidos em contentores para cada material em relação à quantidade total de resíduos urbanos	%	Gallardo (2010)
Quantidade de resíduos recolhidos correctamente no contentor destinado a esse material em relação à quantidade total de resíduos recolhidos nesse contentor.	%	Gallardo (2010), Andrews (2013)
Número e a capacidade dos ecopontos (assumindo uma taxa de enchimento média dos contentores de 65%)	Unid, m3	Delloite (2004)
Peso dos materiais recicláveis nos contentores		Andrews (2013)

AI.2 – INDICADORES FINANCEIROS

Tabela AI.2.1 – Indicadores Financeiros

VARIÁVEIS E INDICADORES DE CUSTO		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Custo total (ou bruto) anual da recolha (custo de investimento e custos de O&M da recolha - colocação de contentores e de manutenção, recolha e transporte para o local de deposição, incluindo pessoal e combustível)	€/ano	Accounts Comission (2000), Del Borghi (2009), Carvalho (2008), Badran (2006)
Custo médio ou custo unitário (custo total por quantidade recolhida) (também calculado por circuito)	€/t ou €/kg	Accounts Comission (2000), Hogg (2001), Federico, Rizzo e Traverso (2009), Teixeira <i>et al.</i> (2014), Carvalho (2008), Santos <i>et al.</i> (1994)
Quantidade de resíduos recolhidos por unidade monetária de custo da recolha	t/€	Zaman (2014)
Custo de “gestão global” por habitante (custo total da recolha por habitante)	€/hab	Sora e González (2014), Teixeira <i>et al.</i> (2014), Carvalho (2008), Santos <i>et al.</i> (1994)
Custo total da recolha por fogo ou habitação	€/fogo	Teixeira <i>et al.</i> (2014)
Custo total da recolha (e custos unitários) por tonelada, por habitante e por fogo	€/t €/hab, €/fogo	Del Borghi (2009); Teixeira <i>et al.</i> (2014); Anghinolfi (2013)
Custos anuais de amortização das viaturas (“Custos de capital inicial dos equipamentos”, “Custos de aquisição”)	€/ano	ERSAR (2012), Levy e Cabeças (2006), O’Leary e Walsh (1995), EPA (1999), Komilis (2008), Santos <i>et al.</i> (1994), Ecogestus (2008), Delloite (2004)
Custos anuais de operação das viaturas (incluindo os seguros, combustíveis e outros fluidos, lavagem) (anuais) (“Custos da frota”)	€/ano	ERSAR (2012), Levy e Cabeças (2006), Miller (1993) citado em Martinho (1998), EPA (1999) O’Leary e Walsh (1995), Simões, Cruz e Marques (2012); Santos <i>et al.</i> (1994), Ecogestus (2008)
Custos de manutenção das viaturas (incluindo materiais e mão-de-obra) (anuais)	€/ano	Levy e Cabeças (2006), EPA (1999), O’Leary & Walsh (1995), Ecogestus (2008), Delloite (2004)

(continua)

VARIÁVEIS E INDICADORES DE CUSTO (continuação)		
Variáveis/Indicadores	Unidades	Referências
Poupança anual na manutenção das viaturas de recolha (em relação ao ano anterior)	€/ano	Carvalho (2008)
Custos da frota: custo anual de amortização por viatura, custo anual de acidentes por km percorrido, custo anual de seguros por viatura, custo de combustível por km percorrido, custo de lavagem por km percorrido, custo de manutenção por km percorrido, custo de pneus por km percorrido)	€/ano	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custo de combustível e manutenção por distância e carga transportada	€/km.t	Badran (2006)
Custo total da frota por kg removido	€/kg	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custo total da frota por hab servido	€/hab	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custo total da frota por km percorrido	€/km	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custos anuais de pessoal	€/ano	Levy e Cabeças (2006), Miller (1993) citado em Martinho (1998), Komilis, (2008), (Santos R. F., et al., 1994)
Custos total de pessoal por kg removido	€/kg	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custos total de pessoal por hab servido	€/hab	Santos <i>et al.</i> (1994)
Custos total de pessoal por tempo e carga transportada	€/t.h	(Badran & El-Hagggar, 2006)
Custos de amortização dos contentores, (ou "Custos de capital inicial dos equipamentos")	€/ano	(ERSAR, 2012), (EPA, 1999) (O'Leary & Walsh, 1995), Santos <i>et al.</i> (1994), (Delloite, 2004)
Custos de operação dos contentores por unidade de tempo	€/ano	(ERSAR, 2012), (EPA, 1999) (O'Leary & Walsh, 1995)
Custos de manutenção dos contentores por unidade de tempo	€/ano	(Levy e Cabeças, 2006), (EPA, 1999) (O'Leary & Walsh, 1995), (Delloite, 2004)
Custos com o pessoal ou Custos de mão-de obra (custo total ou discriminado por tipo de categoria profissional e/ou desagregados em vencimento base, horas extra, subsídios, encargos sociais, fardamento, etc) – Pessoal directa e/ou indirectamente relacionado com a operação, por unidade de tempo	€/ano	(ERSAR, 2012), (Levy e Cabeças, 2006), Miller (1993) citado em Martinho, 1998, Simões, Cruz e Marques (2012) Santos <i>et al.</i> (1994); (Delloite, 2004)
Custo de capital inicial para os equipamentos	€	Simões, Cruz e Marques (2012)
Outras despesas de funcionamento (custos operacionais, subtraídos os custos de pessoal e viaturas)	€	Santos <i>et al.</i> (1994)
Sustentabilidade económica: rácio entre os rendimentos e ganhos totais e os gastos totais	%	LNEC e ERSAR (2013)
Custo de transporte por tonelada e distância percorrida	€/t.km	Komilis (2008)
Custo anual em combustíveis	€/ano	Levy e Cabeças (2006), Santos <i>et al.</i> (1994)
Poupança anual de combustível (em relação ao ano anterior)	€/ano	Carvalho (2008)

ANEXO AII – CUSTOS DE EXPLORAÇÃO. EXERCÍCIOS DE BASE AOS PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS

AII.1 – CUSTOS DE AMORTIZAÇÃO E MANUTENÇÃO DE VIATURAS

Exercício apresentado pela Vecofabril para exemplificar a amortização e custos de manutenção de uma viatura compactadora

Uma viatura RU de 16 m³ com um valor de 135.000,00 € + IVA, teria uma prestação mensal de 3.349,45 € + IVA para um período de 6 anos (72 meses), incluindo a manutenção preventiva do chassis e da superestrutura e o seguro:

EQUIPAMENTO	
Custo aquisição equipamento	€ 135.000,00
Entrada inicial / Primeira prestação	-
Financiamento	€ 135.000,00
Número de Prestações	72
Taxa de Juro	11,0%
Taxa de Juro Mensal	0,87%
Valor Residual	0%
Tipo Renda	Antecipada
Prestação mensal	€ 2.511,95
Custos manutenção superestrutura	€ 250,00
Custos manutenção superestrutura SLC	-
Custos manutenção superestrutura Grua	-
Custos manutenção chassis	€ 450,00
Seguro	€ 337,50
Margem	
Prestação total	€ 3.549,45

De acordo com a Vecofabril, para esta tipologia de viatura, o custo de manutenção a considerar será de 700,00 € + IVA/mês, o que significa cerca de 6% ao ano.

AII.2 – CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE CONTENTORES

Análise dos custos de manutenção de Sintra (HPEM)

Neste anexo pretendeu-se ilustrar os dois exercícios realizados (método A e B) para aferir a percentagem destes custos no valor de aquisição do equipamento, comparando com os valores bibliográficos. Os exercícios basearam-se na informação de custos de manutenção disponível na HPEM- Higiene Pública, EEM,.

Método A

Os valores apresentados na tabela a seguir referem-se ao centro de custos da HPEM “Oficina/Manutenção” fornecidos pelo Departamento Financeiro, que são os valores globais (custos directos e indirectos) relativos à Oficina, onde se inclui custos de estrutura (e.g. edifícios, viaturas). Com base no valor global e número de contentores instalados, estima-se um custo médio de 23,13 €/unidade¹⁰³.

Tal como se pode concluir pelo mapa de custos apresentado, é impossível chegar-se a um custo de manutenção por tipologia de contentor, uma vez que não existem centros de custo diferenciados para os diferentes tipos de contentor (os valores apresentados são custos totais)

Da estimativa do custo de aquisição do parque de contentores existente na HPEM no ano em análise e custo total da Oficina, obtém-se que os custos de manutenção representam 4,3% dos custos de aquisição dos contentores, valor percentual que coincide com o valor bibliográfico indicado por Rhoma et al., 2010, pelo que foi este o valor utilizado no presente estudo.

Método B

Com base nos dados disponibilizados pelo Departamento Financeiro da HPEM, relativos a encargos directos com a Oficina, foram desenvolvidas outras estimativas que conduziram aos resultados que se apresentam a seguir.

Os resultados dos dois exercícios e conclusões apresentam-se a seguir.

¹⁰³ Inclui a manutenção de diversos tipos de contentores, onde 66% são contentores do tipo C10, 19% do tipo C1, 13% do tipo C3 e 2% subterrâneos.

Método A) Encargos directos e indirectos da Oficina (fonte: Departamento Financeiro HPEM, Centro de custos Oficina/Manutenção, 2010)

HPEM - Higiene Pública, EM

Mapa de Análise de Custos - 050604 Manutenção / Oficina

Valores em EUR

Lançamento: 000 - Actual

Análise Trimestral (Valores acumulados)

Conta	Descrição	Total	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
62	Fornecimentos e Serviços Externos	11,734.54	1,098.53	2,272.19	4,486.55	11,734.54
621	Subcontratos	139.97	0.00	11.35	11.35	139.97
62101	Suma-Serviços Meio Ambiente, S.A.	128.62	0.00	0.00	0.00	128.62
62102	Ecoambiente, Lda.	11.35	0.00	11.35	11.35	11.35
622	Fornecimentos e Serviços	11,594.57	1,098.53	2,260.84	4,475.20	11,594.57
62212	Combustíveis	771.33	393.65	451.09	697.78	771.33
622122	Cmb-n/Aceite p/totalidade	771.33	393.65	451.09	697.78	771.33
62215	Ferr. e Utensílios Desg. Rápido	4,301.08	100.89	386.38	1,175.88	4,301.08
6221501	Ferr. e Uten. Desg. Rápido - Outros	3,495.14	93.57	366.39	1,139.81	3,495.14
6221513	Sacos	14.63	7.32	14.63	14.63	14.63
6221541	Herbicida	37.52	0.00	5.36	21.44	37.52
6221551	Desinfectante/Desengordurante	753.79	0.00	0.00	0.00	753.79
62217	Material de Escritório	18.97	17.79	17.79	18.97	18.97
62218	Artigos para Oferta	-0.62	-0.62	-0.62	-0.62	-0.62
62222	Comunicação	125.61	44.83	92.91	114.35	125.61
622221	Comunicação-Isentas	125.61	44.83	92.91	114.35	125.61
6222211	Telemóvel	110.61	44.83	77.91	99.35	110.61
6222213	Telefone	15.00	0.00	15.00	15.00	15.00
62223	Seguros	360.52	82.26	92.77	206.40	360.52
622231	Seguro Responsabilidade Civil	9.39	2.35	4.70	7.04	9.39
622232	Seguro Automóvel	63.42	0.00	0.00	11.91	63.42
622233	Seguro Saúde	286.84	79.39	87.20	186.58	286.84
622234	Seguro Multirriscos/Act.Ec.Assoc.	0.87	0.52	0.87	0.87	0.87
62226	Transportes de Pessoal	797.66	0.00	32.67	401.10	797.66
62232	Conservacao e Reparação	4,293.86	65.40	606.86	1,098.86	4,293.86
622322	Conservação-c/lva dedutível	4,293.86	65.40	606.86	1,098.86	4,293.86
6223220	Conservação-c/lva dedutível - Edifícios	2,724.00	0.00	240.00	240.00	2,724.00
6223220	Conservação-c/lva dedutível - Viaturas	129.18	65.40	129.18	129.18	129.18
6223220	Conservação-c/lva dedutível - Outros	729.68	0.00	237.68	729.68	729.68
6223220	Conservação-c/lva dedutível - Equip. Operacional	711.00	0.00	0.00	0.00	711.00
62233	Publicidade e Propaganda	157.37	13.04	51.53	103.37	157.37
62234	Limpeza Higiene e Conforto	314.06	86.87	187.28	269.33	314.06
62235	Vigilância e Segurança	12.33	0.00	0.00	0.00	12.33
62236	Trabalhos Especializados	421.30	294.42	342.18	389.78	421.30
622369	Outros Trabalhos Especializados	421.30	294.42	342.18	389.78	421.30
6223690	Driver Service	421.30	294.42	342.18	389.78	421.30
62298	Outros Fornecimentos e Serviços	21.10	0.00	0.00	0.00	21.10
6229803	Portagens e Parquesamentos	21.10	0.00	0.00	0.00	21.10
6229803	Portagens e Parquesamentos - N/Aceite	21.10	0.00	0.00	0.00	21.10

HPEM- Higiene Pública, EM

Mapa de Análise de Custos - 050604 Manutenção / Oficina

Valores em EUR

Lançamento: 000 - Actual

Análise Trimestral (Valores acumulados)

Conta	Descrição	Total	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
64	Custos com o Pessoal	45,472.85	9,944.73	18,704.37	33,960.46	45,472.85
642	Remunerações do Pessoal	39,014.42	8,260.00	15,746.51	29,142.22	39,014.42
6421	R.P-Sector de Produção	39,014.42	8,260.00	15,746.51	29,142.22	39,014.42
642101	R.P-Vencimentos	18,373.41	4,504.72	8,073.64	13,612.59	18,373.41
642103	Subsídio de alimentação	2,592.06	657.14	1,371.84	2,060.13	2,592.06
642106	Subsidio de Natal	6,456.77	374.94	749.88	4,842.58	6,456.77
642108	Horas Extras a 75%	2,868.28	457.28	988.24	1,849.06	2,868.28
642114	Horas Extras -100%	5,745.46	1,688.40	3,238.20	4,396.28	5,745.46
642115	Subsídio de Risco	1,398.05	66.70	558.39	1,035.10	1,398.05
642120	Subsídio de Risco	381.77	381.77	381.77	381.77	381.77
642121	Centro Cultura e Desporto Sintrense	430.18	129.05	196.27	196.27	430.18
642123	Horas Extras	754.54	0.00	174.38	754.54	754.54
642127	Horas de Compensação	13.90	0.00	13.90	13.90	13.90
645	Encargos sobre Remunerações	4,914.46	1,294.06	2,278.87	3,734.82	4,914.46
6452	Enc. s/Rem.-Pess.-Sect. Prod.	4,914.46	1,294.06	2,278.87	3,734.82	4,914.46
645202	Enc. s/Rem.-Seg. Social	4,914.46	1,294.06	2,278.87	3,734.82	4,914.46
646	Seg. Acid. Trab. e Doenças Prof.	584.93	124.40	321.51	447.03	584.93
6462	Seg.Ac.Trb-Sect. Prod.	584.93	124.40	321.51	447.03	584.93
648	Outros Custos c/Pessoal	959.04	266.27	357.48	636.39	959.04
6482	OCP-Sector de Produção	959.04	266.27	357.48	636.39	959.04
648202	Almoço de Natal	33.00	0.00	0.00	0.00	33.00
648203	Encargos c/Saúde ADSE	612.00	198.00	216.00	414.00	612.00
64820301	ADSE - Especializações - Reembolsos	612.00	198.00	216.00	414.00	612.00
648204	Encargos c Medicina Trabalho	68.74	17.00	34.14	45.58	68.74
648207	Outros Custos C/ Pessoal	20.21	0.00	0.00	0.00	20.21
648208	OCP - Formação	53.57	0.00	0.00	53.57	53.57
648209	OCP - Vestuário Diverso	171.52	51.27	107.34	123.24	171.52
65	Outros Custos e Perdas Operacionais	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
652	Quotizações	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
69	Custos e Perdas Extraordinárias	337.27	84.48	85.40	87.27	337.27
695	Multas e Penalidades	250.00	0.00	0.00	0.00	250.00
6952	Multas não Fiscais	250.00	0.00	0.00	0.00	250.00
697	Correcções Relat. Exercícios Ant.	87.27	84.48	85.40	87.27	87.27
697002	Reembolsos ADSE	1.82	0.00	0.92	1.82	1.82
697003	Encargos com Seguros	85.45	84.48	84.48	85.45	85.45

HPEM- Higiene Pública, EM

Mapa de Análise de Custos - 050604 Manutenção / Oficina

Valores em EUR

Lançamento: 000 - Actual

Análise Trimestral (Valores acumulados)

Conta	Descrição	Total	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
72	Prestações de Serviços	-192.73	0.00	0.00	-66.67	-192.73
721	Prestação de Serviços	-192.73	0.00	0.00	-66.67	-192.73
7213	Pr.Serv.-Mercado Nacional	-51.06	0.00	0.00	0.00	-51.06
7214	Pr.Serv.-Aluguer de Cont. Tx.Normal	-141.67	0.00	0.00	-66.67	-141.67
73	Proveitos Suplementares	-204.05	0.00	-204.05	-204.05	-204.05
731	Proveitos Suplementares	-204.05	0.00	-204.05	-204.05	-204.05
73118	Lavagem de Contentores	-204.05	0.00	-204.05	-204.05	-204.05
79	Proveitos e Ganhos Extraordinários	-112.19	-94.74	-94.74	-112.19	-112.19
795	Proveitos Operacionais	-17.45	0.00	0.00	-17.45	-17.45
7951	Outros Proveitos Operacionais	-17.45	0.00	0.00	-17.45	-17.45
797	Correcções Rel. Exerc. Anteriores	-94.74	-94.74	-94.74	-94.74	-94.74
79701	Correc Rel. Exerc. Anteriores- Out	-94.74	-94.74	-94.74	-94.74	-94.74
Total/ano		231,767.48 €				

© PRIMAVERA BSS / Licença de: HPEM - HIGIENE PÚBLICA, EM

Parque de contentores instalado em Sintra (2011):

“Grupo” de contentor	Quant (unid.)	Peso %
Equipamentos alvo manutenção (parque de contentores)	10020	
Equipamentos superfície Recolha Traseira alvo manutenção	6663	66%
Equipamentos superfície Recolha Lateral alvo manutenção	1876	19%
Equipamentos superfície Grua alvo manutenção	1329	13%
Equipamentos subterrâneos alvo de manutenção (excepto subt plat. hid.)	152	2%

Considerando o parque de contentores instalado e valor global oficina:

“Grupo” de contentor	Custo Aquisição (€)	Custo médio ponderado aquisição (€)	Custo unitário manutenção (€/cont.ano)	Valor %
Equipamentos superfície, Recolha Traseira	189.30 €			
Equipamentos superfície, Recolha Lateral	696.83 €	540.21 €	23.13 €	4.3%
Equipamentos superfície, Grua	1,920.53 €			

Método B) Dados base de Sintra, considerando encargos directos

(fonte: Departamento Financeiro HPEM, dados de 2013)

B.1 - Custos de manutenção de contentores de superfície, agrupados por tipo de mecanismos de elevação/descarga:

Encargos directos com manutenção de contentores, 2013		
Centros de custo	Custo total anual	Custo unitário manutenção
Recolha de Indiferenciados:	17,119.09 €	2.58 €
Recolha através de carga traseira	6,597.10 €	1.03 €
Recolha através de carga lateral	4,423.60 €	29.30 €
Recolha através de Grua	6,098.39 €	95.29 €
Recolha de Seletivas:	5,331.53 €	1.58 €
Recolha através de carga lateral:	1,945.00 €	1.13 €
Recolha através de Grua:	3,386.53 €	2.39 €
Total	22,450.62 €	2.24 €
Recolha através de carga traseira	6,597.10 €	0.99 €
Recolha através de carga lateral	6,368.60 €	3.39 €
Recolha através de Grua	9,484.92 €	6.40 €

Nota: Não foram fornecidos valores de custo para os equipamentos subterrâneos e semi-subterrâneos

Peso % do custo de manutenção

“Grupo” de contentores	Custo médio Aquisição (€)	Custo unit. manutenção (€/cont.ano)	Peso %
Contentores de RT	189.30 €	0.99 €	0.5%
Contentores de RL	696.83 €	3.39 €	0.5%
Contentores de recolha com grua	1,920.53 €	6.40 €	03%

Conclusão: os valores dos custos de manutenção indicados não incluem todas as componentes de custo, pelo que são inferiores aos valores esperados. No entanto, permitem comparar os custos associados aos diferentes tipos de recipientes.

B.2 – Custos de manutenção de contentores subterrâneos, baseado num contrato de prestação de serviços de manutenção e lavagem de contentores subterrâneos:

Custos de Manutenção e Limpeza de contentores do tipo C7 (subterrâneos, sem compactação, com uma plataforma hidráulica de acesso ao contentor, de recolha com grua de argola simples):

Valor global contratual (1 ano, 78 contentores)	27,260.00 €	€/ ano
Valor unitário anual (limpeza* + manutenção**)	349.49 €	€/cont.ano

* Limpeza mensal exterior (marcos e plataforma) e semestral interior (cuba)

** Manutenção preventiva (inclui apenas pequenas reparações)

Contrato de manutenção e limpeza de equipamentos subterrâneos, da TNL:

Tipo de contentor	Custo Aquisição (€)	Custo unit manut (€/cont.ano)	Valor %
Contentores Subterrâneos Plataforma Hidráulica	6,477.50 €	349.49 €	5.4%

Conclusão: o valor percentual valida a ordem de grandeza dos 4,2% indicados na bibliografia, uma vez que apesar de ser um ponto percentual acima do valor bibliográfico, inclui a operação de lavagem.

ANEXO AIII – RESUMO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE RECIPIENTES EXISTENTES EM PORTUGAL

AIII.1 – CASO DE ESTUDO

RECIPIENTE DO TIPO C1 - SUPERFÍCIE, IMÓVEL, SEM COMPACTAÇÃO, ELEVADOR DE APOIOS LATERAIS

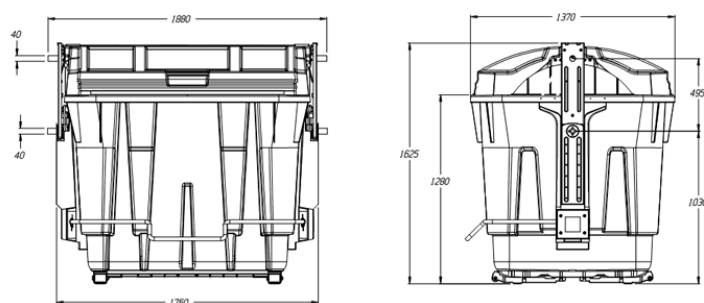


Figura A-1 – Desenho técnico de contentores de 2400 l, de recolha lateral (Contenur, 2015)

Este equipamento de superfície foi desenvolvido para a recolha automatizada de viaturas compactadoras com elevador lateral. Estes contentores pode ser metálicos, em aço - com a superfície com tratamento de zinco a quente e composto cromado com acabamento final em poliéster; ou plásticos, em polietileno de alta densidade (PEAD) de colorido em massa e estabilizado face aos raios U.V..

Nos contentores em PEAD, todos os elementos metálicos externos, como os braços, são fabricados em aço inoxidável. O corpo não é liso, tem veios verticais, que garante uma maior robustez (Figura A -2). Os metálicos, como extras, podem ter o fundo em aço inox.

Têm uma gama de capacidades intermédia - superior ao equipamento clássico de superfície e inferior ao equipamento subterrâneo, sendo as capacidades mais comuns de 2400 e 3200 litros.



Figura A -2 – Fotografias de contentores de recolha lateral, metálicos de 3200 litros e fotografia de um “papelão” de recolha lateral em PEAD de 2400 litros

As tampas são geralmente basculantes, estando trancadas no caso do equipamento para deposição selectiva, abrindo apenas durante a operação de recolha com o elevador lateral viatura, engatados nos apoios laterais, metálicos revestidos em teflon. Possuem aberturas para

as bocas de deposição com dimensões adaptadas às diferentes valências de deposição (rectangulares para o papel/cartão e circulares para as embalagens e vidro). Apesar de serem contentores imóveis, a base do corpo possui dois roletes em *teflon*, que permite o deslizamento durante a operação de recolha. A instalação deste equipamento dispensa a construção de cais, uma vez que se pode instalar em qualquer superfície regularizada (passeios em calçada ou qualquer pavimento).

Normas aplicáveis:

- Contentores metálicos (Vetroplast): UNI 10571
- Contentores PEAD (Contenur, 2015): EN 12574:2001- 1 (desenho)/2 (ensaios do produto)/3 (segurança), Directiva 2000/14/CE (ruído)

RECIPIENTE DO TIPO C2 - SUBTERRÂNEO, S/COMPACTAÇÃO, PLATAFORMA BASCULANTE E ELEVATÓRIA ELECTROHIDRÁULICA, ELEVADOR DE APOIOS LATERAIS



Figura A-3- Fotografia de um contentor de recolha lateral subterrâneo com plataforma elevatória (Sidetainer, Monofolha TNL)

Este sistema utiliza o equipamento mais comum, desenvolvido para a instalação à superfície, adaptado às viaturas de recolha lateral, no entanto, os contentores ficam instalados debaixo da cota do solo e são elevados até à superfície graças a uma plataforma elevatória, que caracteriza este sistema (Figura A-4).

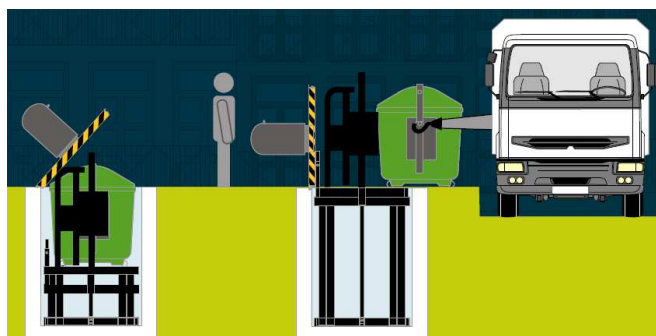


Figura A-4 - Desenho esquemático da recolha de um contentor de recolha lateral subterrâneo, com plataforma elevatória (Sidetainer, Catálogo TNL)

O equipamento é constituído pelas seguintes componentes:

1. Coluna ou marco de deposição: fabricada em aço, pode assumir diferentes geometrias e acabamentos. A coluna tem uma tampa estanque, de abertura manual através de uma pega, com ou sem tambor.
2. Plataforma de superfície, basculante: individual ou múltipla (até ao máximo de quatro contentores), de geometria quadrangular ou rectangular, em aço galvanizado, pode ter diversos acabamentos, ficando ao nível da superfície, onde se instalam as colunas de deposição. A sua abertura é accionada pelo motorista dentro da cabine, através de um controlo remoto.
3. Plataforma elevatória: esta estrutura elevatória hidráulica existente dentro da cuba, suporta os contentores, estando acoplada à plataforma de superfície. A elevação faz-se através de amortecedores laterais hidráulicos, ficando à cota do solo para permitir a recolha dos contentores. Esta plataforma funciona também como plataforma de segurança. A abertura da plataforma de superfície e elevação da plataforma elevatória é conseguida através de um sistema electro-hidráulico.
4. Contentor: os contentores encontram-se sobre a plataforma elevatória tendo as mesmas características descritas para o TIPO 1. Não é necessária qualquer adaptação, excepto a remoção das tampas, que não são necessárias para este sistema.
5. Cuba: em betão pré-fabricado, monobloco, tendo um aro metálico na parte superior para encaixe da estrutura elevatória. O fundo tem pendente e um orifício para permitir a sua drenagem através de uma bomba de sucção.

A gama de capacidades é a mesma dos contentores utilizados, sendo geralmente utilizadas as capacidades maiores disponíveis: 3200 ou 4000 litros (capacidade máxima, em contentores adaptados). A instalação envolve os mesmos trabalhos de qualquer sistema subterrâneo.

RECIPIENTE DO TIPO C3 - SUPERFÍCIE, IMÓVEL, SEM COMPACTAÇÃO, GRUA DE ARGOLA SIMPLES

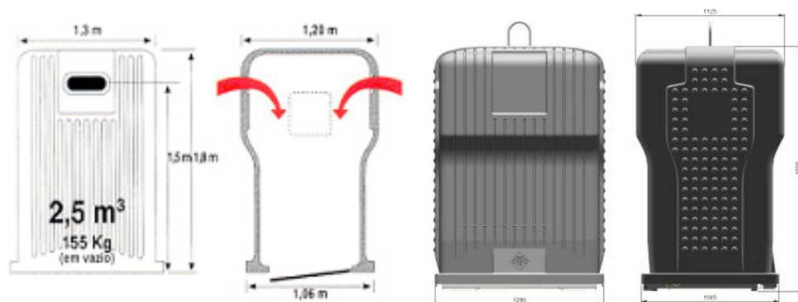


Figura A-5 - Desenho técnico do contentor modelo Cyclea (Ficha Técnica, Ovo – Portugal)



Figura A-6 – Fotografia de um ecoponto modelo Cyclea (Ficha Técnica, Ovo – Portugal)

Este equipamento, desenvolvido especificamente para a recolha selectiva com grua, assume uma geometria prismática, com ligeiras diferenças dependentes do fabricante.

O sistema de engate para elevação é de argola simples ou argola dupla, compatível com os sistemas de elevação tradicionais, de grua com gancho simples ou duplo. No caso da argola simples, o mais comum, a abertura do fundo é por pedal e o fecho é automático com o assentamento no chão (Figura A-7). Estas componentes do equipamento são em aço galvanizado. A armadura é concebida para que o sistema de fixação esteja directamente ligado à base metálica do contentor e ao alçapão através de braços, tirantes ou garfo de suporte, sendo a armadura a suportar todos os esforços verticais quando o contentor é manipulado.



Figura A-7 – Esquema do sistema de abertura (Ovo Solutions)

O corpo do contentor é em PEAD estabilizado face aos raios U.V com uma superfície exterior ondulada e granulosa e interior lisa. A parte superior possui aberturas ou bocas de deposição de diferentes geometrias, que ocultam os resíduos depositados no interior, normalizadas para a valência de deposição selectiva a que se destinam, que também se identifica pela cor da moldura envolvente. A capacidade bruta é de 1,5 ou de 2,5 m³, sendo esta última a mais utilizada.

Para a recolha de pilhas usadas, este equipamento pode ter como extra um recipiente para a deposição deste resíduo fixo na parte frontal ou lateral do corpo, também em PEAD, com o mesmo acabamento, com uma capacidade bruta de 30 litros e um sistema de fecho de chave triangular. A ligação ao *Cyclea*, que geralmente é o embalão, é feita através de duas componentes metálicas com protecção contra corrosão (Figura A-6).

Quando o sistema adoptado pelos operadores de recolha de RU é a recolha colectiva de superfície com grua, este é o equipamento mais vulgarmente utilizado a nível nacional.

RECIPIENTE DO TIPO C4 - SEMI-SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COMPACTO, GRUA DE ARGOLA SIMPLES

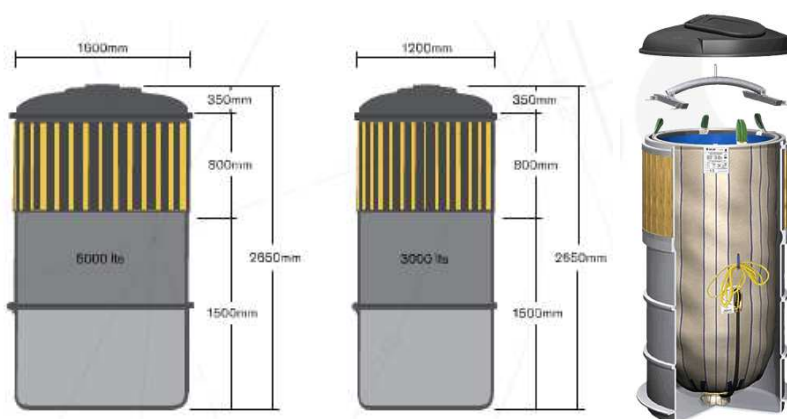


Figura A-8 – Desenhos técnicos do equipamento Molok (Sopsa; Molok)

Este equipamento, de geometria cilíndrica, foi desenvolvido para a recolha com grua (com ou sem compactação), sendo o único equipamento dito “semi-subterrâneo”, uma vez que parte do volume bruto da sua estrutura básica, o poço, está à superfície, acima do solo, e outra parte enterrada, abaixo da cota do terreno. O equipamento assumiu o nome do primeiro modelo que surgiu no mercado e mais comercializado, sendo vulgarmente designado por “Molok”.

Este equipamento é constituído por três componentes principais (Figura A-8):

1. Poço: cilíndrico, em PEAD ou betão, parcialmente enterrado no solo (cerca de 2/3 da altura total), sendo revestido com ripas de madeira tratada ou com um revestimento de alumínio na parte que fica à superfície (Figura A-9)¹⁰⁴.
2. Tampa: cobre a parte superior do corpo, em PEAD, com uma abertura adaptada à valência selectiva a que se destina, que por sua vez é protegida por uma pequena tampa.
3. Saco de elevação: colocado no interior do poço, este saco em lona de polipropileno, é o elemento que acondiciona os resíduos e que é içado pela grua, possuindo um sistema de abertura pelo fundo, manuseado através de um conjunto de cabos.¹⁰⁵



Figura A-9 – Fotografias de contentores modelo Molok, com diferentes capacidades e acabamentos, com e sem QuikSystem (argola simples à vista, na tampa) (fontes: HPEM, Sopsa)

Existem dois sistemas de engate e elevação:

1. No sistema que foi inicialmente desenvolvido, o operador retira a tampa e o gancho da grua é engatado na argola presa ao conjunto de cabos do saco de elevação, cujo fundo é aberto pela acção de um cabo para descarga dos resíduos e posteriormente fechado e introduzido no poço, sendo a tampa colocada no final, manualmente.
2. Desenvolvido posteriormente este modelo, distingue-se do primeiro pela facilidade de acesso ao sistema de elevação, de argola simples: este sistema, designado comercialmente por “Quick System” é mais rápido, uma vez que o gancho da grua engata directamente na tampa do contentor, que possui uma manilha de suspensão, sendo o saco de elevação içado juntamente com a tampa (modelo “compacto”). Este sistema foi

¹⁰⁴ Existe ainda outros tipos de acabamento disponíveis, podendo ser utilizadas imagens, fotografias no acabamento da superfície.

¹⁰⁵ Na recolha indiferenciada é necessário utilizar um saco de plástico descartável em polietileno de baixa densidade (PEBD), duplamente costurado num dos topos para garantir a total estanquicidade e evitar o derramamento de lixiviados no contentor e viatura, assegurando-se assim a higiene e limpeza dos mesmos, com a vantagem adicional de impedir que os resíduos sejam transportados a céu aberto, no caso da viatura utilizada ser de caixa aberta. A desvantagem é o consumo de um saco por operação de recolha.

inicialmente adaptado apenas à recolha sem saco descartável, utilizado na recolha selectiva. Mais recentemente este sistema evoluiu também para a recolha indiferenciada com utilização de saco descartável, tendo tornado o sistema inicial obsoleto.

Os “molok” têm uma gama de capacidades grande, desde 300 a 5000 litros, sendo no entanto as capacidades maiores as mais usadas a nível nacional, geralmente de 3000 litros para o vidro e 5000 litros para as restantes valências.

A instalação deste equipamento é simples, quando comparada com outros sistemas subterrâneos, uma vez basta escavar um buraco de profundidade e diâmetro ligeiramente superiores ao poço, que é introduzido e depois rematar com brita e preencher com terra a envolvente.

Existe ainda um componente opcional adicional, destinada essencialmente à recolha indiferenciada para armazenamento e recolha de lixiviados, designada por “MasterBag”. Os lixiviados, em vez de serem armazenados no fundo da cuba, são armazenados numa manga instalada no fundo do saco de elevação, sendo depois recolhidos em simultâneo com os resíduos.

Existem outros sistemas no mercado, como é o caso do sistema de elevação constituído por um tanque rígido em polietileno composto por duas secções que se destinam ao armazenamento em separado dos resíduos e dos lixiviados (separados por uma placa perfurada), sendo a sua descarga em simultâneo. Este sistema está menos vulgarizado a nível nacional.

RECIPIENTE DO TIPO C5 - SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COMPACTO, GRUA DE ARGOLA SIMPLES

Este equipamento, de geometria prismática, foi desenvolvido para a recolha com grua (com ou sem compactação), estando toda a sua capacidade bruta instalada abaixo da cota do terreno.

Estes sistemas, vulgarmente designados por “Subtainers”, são sistemas dito “compactos” uma vez que todos os diferentes componentes, que se descrevem a seguir, formarem uma única unidade, sendo içados em conjunto pela grua.

O equipamento é constituído pelas seguintes componentes (Figura A-10):

1. Coluna ou marcos de deposição: em aço galvanizado e centrada ou não com o contentor, pode assumir diferentes geometrias e acabamentos, possuindo bocas de deposição adaptadas às diferentes valências de resíduos valorizáveis¹⁰⁶. Na retaguarda das colunas existe uma porta de inspecção ou comercial, com chave triangular.

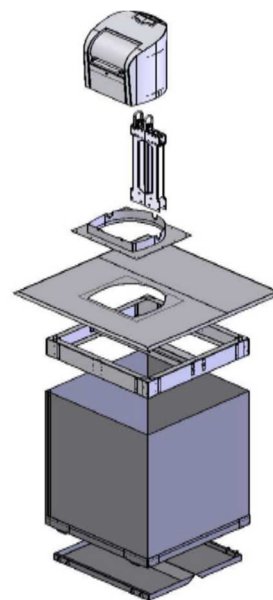


Figura A-10 – Desenho esquemático das componentes do contentor (Otto)

¹⁰⁶ No caso da coluna de deposição destinada à recolha de resíduos indiferenciados, a coluna de deposição tem uma tampa, com abertura com pedal, e tambor, que evita o contacto directo com os resíduos.

2. Plataforma de superfície: de geometria quadrangular, em aço galvanizado, liga a coluna de deposição, na face superior, ao contentor metálico, na face inferior. Pode ter diversos acabamentos (borracha, cimento *epoxy* ou calçada). A envolver a plataforma existe uma moldura em aço galvanizado que está aparafusada à cuba de betão e que garante a estanquicidade às águas de escorrência superficial (chuva ou lavagem de pavimentos).
3. Contentor metálico: de geometria prismática e em aço galvanizado a quente, tem o topo ligado à plataforma de superfície, coincidindo com a cota da via pública. O contentor abre no fundo um ou mais alçapões (dependendo do modelo) através do sistema de elevação. O equipamento tem uma plataforma de segurança, que se eleva automaticamente até à altura do solo (por um sistema de contrapesos) quando o contentor metálico é içado, tapando o buraco de inserção do contentor durante a elevação e descarga.
4. Cuba: desenho geométrico cubóide simples, formada por um único bloco de betão pré-fabricado, garantindo-se assim a sua estanquicidade, e com uma moldura transversal em aço galvanizado fixa no seu eixo inferior. No fundo tem um orifício para permitir a sua drenagem através de uma bomba de sucção. Como extra para evitar a flutuação, pode ser necessário ter um anel de flutuação ou anel base, para activar o peso da terra em baixo (cuba em “T” invertido).



Figura A-11- Marcos de deposição do ecoponto subterrâneo compacto, de argola simples (folheto modelo “Tulip” e “Evolution S”, da Otto)

Apesar da cuba monobloco pré-fabricada, a instalação deste equipamento envolve um trabalho considerável de escavação e construção civil, quando comparado com o sistema semi-subterrâneo.

O sistema de elevação é de anel simples¹⁰⁷ (Figura A-11), adaptado a viaturas grua com gancho simples. Durante a operação de recolha, este sistema permite abrir o alçapão de descarga (alçapão simples) automaticamente logo que exista contacto com uma ligeira pressão do pedal de accionamento sobre o taipal da viatura de recolha, sem intervenção humana. Após a descarga, basta o contacto do contentor com o solo para o trancar novamente.

Este equipamento pode ter como extra um sistema redutor de ruído, entre outros. É fornecido em três capacidades, 3000, 4000 e 5000 litros, sendo a capacidade menor geralmente utilizada para o vidro.

¹⁰⁷ *Existem ainda sistemas de elevação de dois ou três ganchos.*

Normas aplicáveis: DIN 4034 (permissões de construção da cuba), NEN diversas, NPR 5254, VISEM.

RECIPIENTE DO TIPO C6 - SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COMPACTO, COGUMELO (DUPLO DISCO)

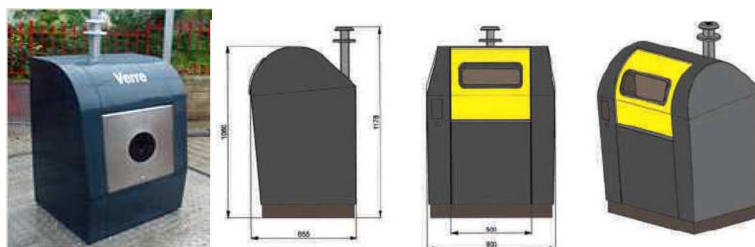


Figura A-12 – Fotografia da Coluna de deposição de vidro com sistema de engate de duplo disco (Resopre); Desenho esquemático da coluna de deposição para embalagens de plástico/metálico (Climaverde)

Este equipamento tem as mesmas características do equipamento do TIPO C5, distinguindo-se no sistema de elevação, que o caracteriza e que lhe deu o nome pelo qual é vulgarmente conhecido: o sistema do tipo “kinshofer”, de duplo alçapão (elevação e descarga), com um engate de duplo disco ou “cogumelo” (Figura A-12), que obriga a que as viaturas de recolha se equipem com o mesmo sistema, adaptado à grua.

Este sistema permite uma abertura controlada e de elevada precisão na operação, uma vez que o cabo de elevação está equipado com um duplo comando: um eleva o contentor e permite de seguida a abertura dos alçapões e outro permite manter o contentor à altura pretendida, garantindo-se assim um grande controlo da orientação do contentor. O funcionamento deste sistema é assegurado por dois tubos, deslizando um dentro do outro, funcionando um deles como tubo de fixação e elevação do contentor e outro para controlo da descarga. Graças à facilidade do tipo de engate, este sistema permite assim que a recolha se faça sem cantoneiros, com apenas um motorista com experiência no manuseamento de gruas equipadas com este sistema de engate.

RECIPIENTE DO TIPO C7 - SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COM CONTENTOR E PLATAFORMA BASCULANTE HIDRAULICA, GRUA DE ARGOLA SIMPLES

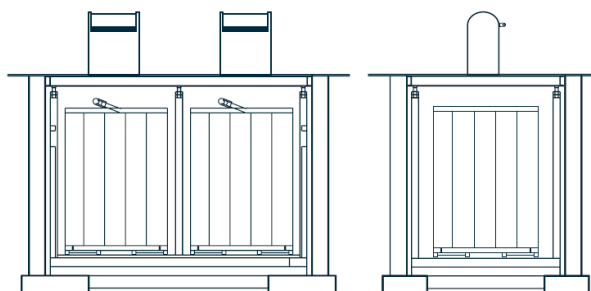


Figura A-13 – Desenho técnico do equipamento Citytainer (Flyer Citytainer, TNL)

Este equipamento, de geometria prismática, foi desenvolvido para a recolha com grua (com ou sem compactação), estando toda a sua capacidade bruta instalada abaixo da cota do terreno.

Estes sistemas distinguem-se dos sistemas ditos “compactos” uma vez que o engate da grua é realizado apenas no contentor, que é o único elemento içado pela grua. O acesso ao contentor é garantido através de um sistema de abertura da plataforma hidráulico, sendo o engate do gancho da grua à argola do contentor manual (Figura A-14 e Figura A-11). Por outro lado, a mesma cuba pode albergar um a quatro contentores, situação que não é possível nos sistemas compactos.

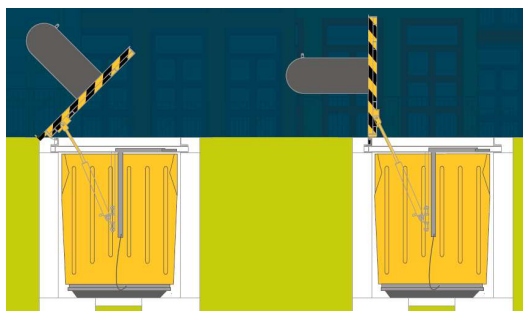


Figura A-14 – Desenho esquemático da abertura da plataforma (Catálogo, TNL)

O equipamento é constituído pelas seguintes componentes:

1. Coluna ou marco de deposição: fabricada integralmente em aço e centrada com o contentor, pode assumir diferentes geometrias e acabamentos. São compostas pelo corpo principal e pelo tambor de deposição, em aço inoxidável, com um sistema de fecho automático. Na retaguarda das colunas existe uma porta comercial, para deposição de resíduos de maiores dimensões, com chave triangular.
2. Plataforma de superfície: de geometria quadrangular ou rectangular, dependendo do modelo (disponível para cubas de um, dois e três contentores), em aço galvanizado. Pode ter diversos acabamentos (borracha, cimento *epoxy* ou calçada). A plataforma tem juntas de borracha, que actuam como vedante. A sua abertura e encerramento são conseguidas através de dois ou três cilindros (dependendo do modelo), de simples efeito, através de um sistema hidráulico, que é alimentado pela viatura, onde se instala um “kit” próprio (que consiste na instalação de uma linha hidráulica adicional na viatura para administrar o fluido hidráulico necessário ao funcionamento dos equipamentos, com um encaixe rápido, um distribuidor com limitadora de pressão, um regulador de caudal e uma mangueira com enrolador) ou por uma central autónoma electro-hidráulica (com um armário de potência com quadro eléctrico com alimentação trifásica, uma central hidráulica – com depósito, motor eléctrico, blocos hidráulicos e electro-válvulas e uma torre exterior com chave de comando).
3. Contentor: de geometria prismática e em polietileno de alta densidade, tem no topo um aro em perfil tubular abatível, que é içado manualmente pelo operador através de uma corda. No centro deste aro metálico existe uma asa única, onde é engatado o gancho da grua. Tem também um aro inferior em perfil tubular com o sistema de abertura dos alçapões do fundo (em chapas de aço galvanizadas a quente), accionados pelo assentamento, do tipo alternado (pousa uma vez, fecham, pousa outra vez abrem e assim sucessivamente). Na sua base têm uma bandeja para aparar os lixiviados.
4. Cuba: desenho geométrico depende do modelo, uma vez que estão disponíveis soluções diferentes, para albergar de um a quatro contentores na mesma cuba, que pode ser em betão pré-fabricado, formada por um anel e um bloco unidos ou construída no local, em

alvenaria. O fundo tem pendente e um orifício para permitir a sua drenagem através de uma bomba de sucção.



Figura A-15 – Fotografias de conjuntos de contentores modelo Citytainer (TNL)

As capacidades disponíveis são de 3000, 4000 e 5000 litros. À semelhança de outros sistemas subterrâneos, a instalação deste equipamento envolve um trabalho considerável de escavação e construção civil, tendo no entanto a vantagem da sua estrutura permitir acompanhar a pendente do piso, até uma inclinação de 5%, evitando-se assim a criação de obstáculos nos pavimentos e acessos pedonais, uma vez que a plataforma é adaptável às diferentes inclinações dos arruamentos.

RECIPIENTE DO TIPO C8 - SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COM CONTENTOR E PLATAFORMA BASCULANTE A GÁS, GRUA DE ARGOLA DUPLA



Figura A-16 – Desenho esquemático da recolha de contentores subterrâneos com plataforma (Sotkon)

Este equipamento subterrâneo, desenvolvido para a recolha com grua (com ou sem compactação), é também de plataforma, pelo que tem as mesmas características do equipamento acima descrito, TIPO C7, distinguindo-se na concepção da estrutura do sistema, que neste aspecto é semelhante aos sistemas compactos por existir apenas disponível a versão de contentor e cuba única, em betão monobloco. Distingue-se também no sistema de abertura da plataforma, que é alimentada com amortecedores a gás (Figura A-16), e no tipo de coluna de deposição, que não dispõe de tambor rotativo de deposição, sendo a deposição directa



Figura A-17 – Fotografia de um ecoponto subterrâneo, de plataforma a gás (Sotkon)

O equipamento é constituído pelas seguintes componentes:

1. Coluna ou marco de deposição: fabricada em aço ou poliéster, resistente à corrosão, pode assumir diferentes geometrias e acabamentos. A coluna tem uma tampa estanque, de abertura e fecho manual através de uma pega, sem tambor, caindo os resíduos depositados directamente no fundo do contentor. Num dos marcos poderá ser integrado um depósito para pilhas.
2. Plataforma de superfície: de geometria quadrangular em aço galvanizado, pode ter diversos acabamentos. A sua abertura é iniciada pela desbloqueio da patilha de fecho, com chave, a tampa abre-se depois pela acção de dois amortecedores a gás, ficando o contentor acessível para a recolha, com uma abertura máxima da plataforma de 90°.
3. Contentor: de geometria prismática e em polietileno de alta densidade, pode ser de dois tipos: (i) contentor de um só corpo, estanque, sem abertura no fundo, que tem no topo um aro em perfil tubular abatível, que é içado manualmente pelo operador através de uma corda; no centro deste aro metálico existe uma asa única, adaptado à recolha com grua e posterior engate para volteio numa viatura compactadora convencional com elevador traseiro, através do sistema de pivots DIN que possui nas laterais. Este modelo é mais utilizado na recolha indiferenciada, uma vez que evita o derrame de lixiviados; (ii) contentor com tampa inferior e duplo aro, que comanda o sistema de elevação e abertura da tampa, que possui um depósito para lixiviados despejados na viatura no momento da recolha. Este modelo é mais utilizado para a recolha selectiva.
4. Plataforma de segurança: quando o contentor é levantado no momento da recolha, o dispositivo da plataforma roda até à posição horizontal, tapando a totalidade do fosso quando o contentor é retirado, para evitar a queda accidental no momento da recolha.
5. Cuba: em betão pré-fabricado, monobloco. O fundo tem pendente e um orifício para permitir a sua drenagem através de uma bomba de sucção.

As capacidades disponíveis são de 3000 e 5000 litros. A implantação deste sistema tem também a vantagem de acompanhar a pendente do piso, evitando-se assim a criação de obstáculos nos pavimentos e acessos pedonais, uma vez que a plataforma é adaptável às diferentes inclinações dos arruamentos.

RECIPIENTE DO TIPO C9 – SUPERFÍCIE, MÓVEL COM RODAS, SEM COMPACTAÇÃO, ELEVADOR DE APOIOS LATERAIS

Este equipamento foi desenvolvido para a recolha indiferenciada “clássica”, de elevador traseiro com compactação, tendo sido adaptado para a recolha selectiva. No modelo *standard*, o corpo e tampa são em polietileno injectado de alta densidade, com quatro rodas com 200 mm de diâmetro, em borracha sólida especial para pneus e jantes em polietileno, com eixo fabricado em aço temperado e galvanizado, rotativas a 360° e com travão individual em 2 rodas. O eixo da

tampa pode ser em aço galvanizado ou com quatro parafusos em PEAD. Os modelos mais antigos tinham o corpo metálico, no entanto este equipamento foi abandonado¹⁰⁸.

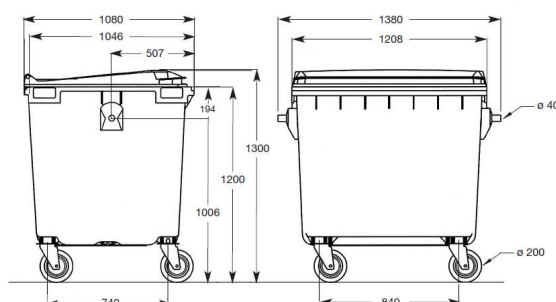


Figura A-18 – Desenho técnico de contentores de 1000 l, de tampa plana (Contenur, 2015)

Na adaptação à recolha selectiva teve-se que solucionar o problema da qualidade, considerando as embalagens de menores dimensões, através do fecho das tampas, que no caso dos resíduos indiferenciados são abertas, com ou sem pedal. Para a deposição selectiva, as tampas destes contentores ficam fechadas, existindo apenas um “rasgo” na tampa que constitui a boca de deposição. A tampa abre-se apenas durante a operação de recolha com a viatura, graças ao sistema de fecho gravítico (podendo ser usado também o sistema manual, com chave universal).



Figura A-19 – Fotografias dos contentores de 1100 litros de tampa curva (Weber)

As bocas de deposição estão adaptadas às três valências de deposição selectiva, e são geralmente protegidas com borrachas para reduzir a entrada da chuva (ou uma pala de plástico, no caso do papel/cartão) e ocultar os resíduos no interior (Figura A-21).



Figura A-20 – Pormenores dos apoios laterais (DIN), pegas, rodas (Almoverde)

¹⁰⁸ Os contentores metálicos, de 1000 (tampa plana) e 1100 l (tampa curva basculante), são anteriores aos de PEAD e, apesar da elevada durabilidade, foram sendo progressivamente substituídos pelos equipamentos em PEAD, considerando o elevado peso que os mesmos têm quando comparados com os de PEAD, que dificulta a operação de recolha manual pelos contentores de transporte do país até ao engate no elevador traseiro da viatura.

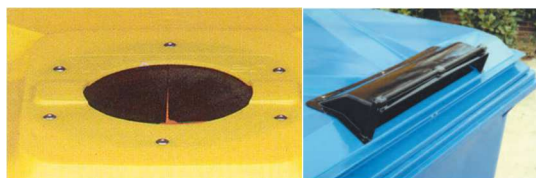


Figura A-21 – Pormenores das bocas de deposição - Embalão, Papelão (Almoverde; Contenur, 2015)

Estes contentores podem estar adaptados a diferentes sistemas de elevação basculante traseira, nomeadamente:

- Sistema Pivots DIN: constituído por dois pivots em PEAD nas laterais superiores do corpo do contentor (vulgarmente designados por “almofada”) – engate com braços nas laterais do contentor (Figura A-20);
- Sistema OSCHNER: constituído por um varão ou asa lateral metálica nas laterais superiores do corpo do contentor – engate com braços, nas laterais do contentor (Figura A-22).
- Sistema VENTRAL: constituído por um pente frontal no limite superior do corpo do contentor (mais usado nos contentores de 2 rodas) – engate frontal, com pente (Figura A-20) .

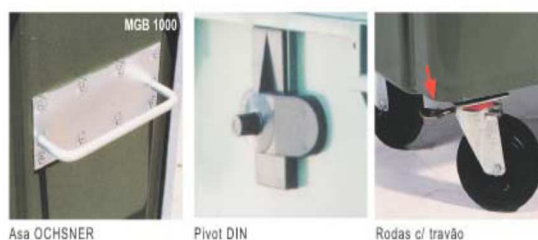


Figura A-22 – Pormenores dos sistemas de engate lateral existentes e travão das rodas (Almoverde)

Os contentores têm geralmente asas integradas no corpo e tampa para facilitar o manuseamento.

A capacidade destes contentores varia de 600 litros até 1100l, sendo as mais vulgarizadas para a recolha selectiva as capacidades de 1000 e 1100l. Os contentores de 1100 l têm a tampa curva, de abertura basculante, ao contrário dos restantes, onde a tampa é plana. Estes contentores podem ter vários opcionais, de acordo com as necessidades, como o travão central, o sistema direcciona nas rodas, o sistema de insonorização ou a sobretampa.

A instalação deste equipamento na via pública obriga à construção de cais – rasgo no acesso pedonal e pavimento liso com acesso fácil ao acesso viário, sem desníveis. No caso nacional, onde os passeios são em calçada, os cais são rematados no passeio com o lancil em pedra igual ao do passeio, e a superfície em cimento liso ou em alcatrão com uma ligeira pendente para escoamento das águas pluviais para a estrada.

Normas aplicáveis: EN 840-2 (tampa rasa)/3 (tampa curva)/5/6; DIN 30700

RECIPIENTE DO TIPO C10 - SUPERFÍCIE, MÓVEL COM RODAS, SEM COMPACTAÇÃO, ELEVADOR DE APOIOS FRONTAIS

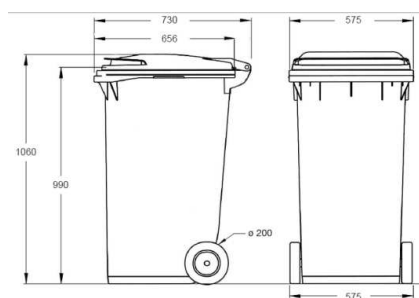


Figura A-23 – Desenho técnico de contentores de duas rodas de 240 litros (Contenur, 2015)

Este equipamento é em tudo semelhante ao equipamento de superfície de quatro rodas (TIPO 9), distinguindo-se essencialmente no engate do contentor, que neste caso é apenas frontal, não possuindo apoios laterais. Distingue-se também no número de rodas e na gama de capacidades, que neste caso pode variar entre os 60 e os 360 litros, sendo as capacidades médias as mais comuns no porta-a-porta (120 a 240 litros).

Foi desenvolvido para a recolha indiferenciada “clássica”, de elevador traseiro com compactação, tendo sido posteriormente adaptado para a recolha selectiva. No modelo *standart*, o corpo e tampa são em polietileno injectado de alta densidade, com duas rodas com 200 ou 250 mm de diâmetro para as capacidades até 240 litros, e com 300 mm para os de 360 litros. As rodas são em borracha sólida especial para pneus, em polipropileno, e jantes em polietileno, com eixo fabricado em aço temperado e galvanizado. O eixo da tampa pode ser em aço galvanizado ou com quatro parafusos em PEAD.

Para a deposição selectiva as tampas podem assumir a cor da respectiva valência, sendo abertas através de pedal ou pega (Figura A-25). Geralmente na recolha porta-a-porta as tampas não têm qualquer sistema de fecho uma vez que neste caso os problemas de contaminação por deposição incorrecta são menores. No caso dos contentores com tampa fechada, existe um “rasgo” na tampa que constitui a boca de deposição. A tampa abre-se apenas durante a operação de recolha com a viatura, graças ao sistema de fecho. A tranca automática pode ser gravítica ou com chave universal.

As bocas de deposição estão adaptadas às três valências de deposição selectiva, e são geralmente protegidas com borrachas para reduzir a entrada da chuva, se estiverem instalados no exterior, uma pala de plástico, no caso do papel/cartão, e ocultar os resíduos no interior.



Figura A-24 – Fotografias de contentores de duas rodas (fontes: Engels, CML)

Estes contentores podem estar adaptados a diferentes sistemas de elevação basculante traseira, sendo no entanto mais utilizado o sistema de engate frontal, através do pente em PEAD existente no limite superior do corpo do contentor. Os contentores têm geralmente asas integradas no corpo e tampa para facilitar o manuseamento.

Normas: EN 840-1/5/6; DIN 30740

RECIPIENTE DO TIPO C11 - SUPERFÍCIE, MÓVEL SEM RODAS SEM COMPACTAÇÃO, SEM ENGATES

Habitualmente utilizados nos sistemas de recolha porta-a-porta, os sacos plásticos para acondicionamento dos resíduos, recolhidos manualmente pelos cantoneiros para a viatura de recolha, têm uma gama de capacidades variável, sendo as mais habituais entre os 30 e 50 litros. Fabricados em polietileno de baixa densidade (LDPE), são geralmente transparentes e na cor específica da valência de deposição selectiva (Figura A-25).



Figura A-25- Sacos translúcidos utilizados na recolha selectiva porta-a-porta

Uma alternativa para este tipo de recolha, que simplesmente dispensa a utilização de qualquer meio de acondicionamento produzido especialmente para o efeito, é a utilização dos sacos vulgares de supermercado, que podem ou não ser identificados por uma fita identificativa distribuída aos moradores, com a cor da valência de recolha (Figura A-26).



Figura A-26- Sacos de supermercado com fita, utilizados na recolha selectiva porta-a-porta

AIII.2 – RECIPIENTES EXCLUÍDOS DO CASO DE ESTUDO

RECIPIENTE DE SUPERFÍCIE, IMÓVEL, SEM COMPACTAÇÃO, GRUA DE ARGOLA SIMPLES



Figura A-27 – Fotografias de um Ecocontainer Prismático e de um Vidrão Iglo de argola dupla.
Pormenor da abertura do fundo (Sopinal)

Este tipo de equipamento, muito vulgarizado a nível nacional mas actualmente obsoleto, pode ser dividido em dois sub-tipos, de acordo com a geometria, em *Iglo* e *Prismáticos*, que distingue os dois modelos principais existentes no mercado (com ligeiras variantes), e que se vulgarizou no léxico pelo qual este equipamento é vulgarmente conhecido.

À semelhança do modelo mais recente (modelo do tipo “Cyclea”, descrito no TIPO 3), o equipamento foi desenvolvido especificamente para a recolha selectiva com grua, com engate de elevação de dupla argola, que comanda a abertura do fundo do contentor. Neste caso, ao contrário do modelo mais recente, o sistema de abertura é composto por uma barra central, que atravessa o corpo do contentor até ao fundo (Figura A-27). Estas componentes do equipamento são em aço galvanizado.

O material que constitui o corpo do contentor é laminado em resina de poliéster reforçado com fibra de vidro, com o a tampa do fundo metálica ou no mesmo material do corpo. A superfície do corpo é lisa e a parte superior possui aberturas ou bocas de deposição de diferentes geometrias, em função do tipo de valência de deposição selectiva a que se destinam. As capacidades brutas variam entre os 2.5 m³, para os Prismáticos e os 1.5, 2 e 2.5 m³, para os *Iglo*.

Os *Iglo* foram os primeiros a surgir, desenvolvidos especificamente para a recolha selectiva de vidro, existindo nesta altura duas cores, branco e verde, para a deposição selectiva dos dois tipos de vidro, que entretanto se abandonou. Os prismáticos surgiram depois, para a recolha das três valências, com diferenças muito pequenas, entre diferentes fabricantes. Mais recentemente surgiram contentores com as mesmas características, mas com o corpo em PEAD – TIPO 3, já descrito.

Este equipamento foi excluído do caso de estudo por estar obsoleto, tendo sido progressivamente substituído por outros equipamentos, nomeadamente os equipamentos de superfície de argola dupla, do TIPO 3, por diversos factores, nomeadamente:

- o material utilizado no corpo do contentor, em fibra de vidro, de duração limitada e reparação difícil;
- o sistema de abertura, que obriga à existência de um eixo central, que reduz muito o volume útil;

- a reduzida dimensão das bocas de deposição, que não se adapta às dimensões dos resíduos a depositar, nomeadamente no embalão e papelão.

RECIPIENTE DO TIPO C4 - SEMI-SUBTERRÂNEO, SEM COMPACTAÇÃO, COMPACTO, GRUA DE ARGOLA SIMPLES – SUB- TIPO SEM “QUICKSYSTEM”

Optou-se também por não estudar os sistemas que utilizam os equipamentos semi-subterrâneos de argola sem o sistema de abertura “quicksystem”. Tal como já foi referido na descrição do TIPO C4, este equipamento, de geometria cilíndrica, começou por ser comercializado sem este sistema de abertura rápida. Desde que o sistema “quicksystem” foi colocado no mercado, que a sua utilização na contentorização de recolha selectiva passou a ser vantajosa em termos operacionais, sendo o sistema anterior progressivamente abandonado. Os motivos principais são:

- operação mais simples e rápida, em que o gancho da grua engata directamente na tampa do contentor, que é elevada em conjunto com o saco de elevação, cujo fundo abre através de um cabo sendo depois colocado novamente no interior do contentor;
- dispensa a utilização dos sacos consumíveis, uma vez que os resíduos são acondicionados directamente pelo saco de elevação, dispensando assim a utilização de sacos descartáveis necessária quando não existe o sistema *quicksystem*.

O sistema antigo, sem *quicksystem*, passou a ser utilizado apenas na recolha indiferenciada devido à quantidade de lixiviados, que impede a utilização do saco de elevação no acondicionamento directo dos resíduos, existente no sistema *quicksystem*. Esta situação alterou-se pela utilização do Masterbag, também já descrito ou quando a quantidade de resíduos biodegradáveis desviada desta valência para a deposição selectiva for suficiente para se conseguir uma redução efectiva na quantidade de lixiviados.

RECIPIENTE SUBTERRÂNEO, S/COMPACTAÇÃO, PLATAFORMA ELEVATÓRIA ELECTROHIDRÁULICA, ELEVADOR DE APOIOS LATERAIS E FRONTAIS

Finalmente, não se estudou também o sistema subterrâneo que se ilustra na Figura A-28, uma vez que inicialmente este sistema estava classificado com o mesmo tipo taxonómico que o TIPO 2, já descrito, sendo descrito como um “sub-tipo”. Esta versão inicial da proposta de classificação taxonómica foi entretanto alterada, tornando este um tipo de equipamento autónomo, com classificação própria, que não estava disponível, no entanto, em nenhum dos três municípios da área de estudo.

Este equipamento tem características muito semelhantes ao TIPO 2, diferindo apenas no acesso aos contentores – que é feito através de uma plataforma elevatória (não possui plataforma basculante) e utiliza os contentores do TIPO 9, em vez dos do TIPO 1, pelo que difere também no sistema de engate dos contentores colocados sobre a plataforma elevatória, que é misto - pode ser lateral ou frontal.



Figura A-28- Fotografias de um contentor de recolha recolha traseira subterrâneo, com plataforma elevatória (fonte: Ovo)

Este sistema utiliza assim o equipamento mais comum de recolha traseira desenvolvido para a instalação à superfície (TIPO 9), adaptado às viaturas de recolha traseira, no entanto, os contentores ficam instalados debaixo do solo e são elevados até à cota do solo graças a uma plataforma elevatória, que caracteriza este sistema.

O equipamento é constituído pelas seguintes componentes:

1. Coluna ou marco de deposição: fabricada em aço, pode assumir diferentes geometrias e acabamentos. A coluna tem uma tampa estanque, de abertura manual através de uma pega, com ou sem tambor.
2. Plataforma de superfície: individual ou múltipla (até ao máximo de quatro contentores), de geometria quadrangular ou rectangular, em aço galvanizado, pode ter diversos acabamentos, ficando ao nível da superfície.
3. Plataforma elevatória: esta estrutura elevatória hidráulica existente dentro da cuba, suporta os contentores, estando acoplada à plataforma de superfície. A elevação faz-se através de amortecedores laterais hidráulicos, ficando à cota do solo para permitir a recolha dos contentores. Esta plataforma funciona também como plataforma de segurança. A sua alimentação pode ser feita através da viatura, onde se instala um “kit” próprio ou com o auxílio de um sistema eléctrico autónomo.
4. Contentor: os contentores encontram-se sobre a plataforma com as mesmas características descritas no TIPO 2. Não é necessária qualquer adaptação, excepto a remoção das tampas, que não são necessárias para este sistema, uma vez que esta função é desempenhada pela plataforma de superfície.
5. Cuba: em betão pré-fabricado, monobloco, tendo um aro metálico na parte superior para encaixe da estrutura elevatória. O fundo tem pendente e um orifício para permitir a sua drenagem através de uma bomba de sucção.

A gama de capacidades é a mesma dos contentores utilizados, sendo geralmente utilizadas as capacidades maiores disponíveis: 1000 e 1100 litros. A instalação envolve os mesmos trabalhos de qualquer sistema subterrâneo.

ANEXO AIV – FICHAS DE CAMPO

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS CONTENTORES (FICHA DE CAMPO N.º 1):

				Ficha Técnica Fornecedor		Contentor (m)			Cuba (m)			Boca de deposição				OBSERV.
TIPO	VALENCIA	MODELO	FORNECEDOR	CAP BRUTA	TARA	COMP.	LARG .	ALTURA	COMP.	LARG.	PROFUND	COMP. (cm)	LARGURA (cm)	DIÁMET. (cm)	ALTUR A (m)	
C3	Papel/Cartao	Cyclea	Sopinal (Almoverde)	2,50	157	1,3	1,14	1,8	-	-	-	92,5	15,5	-	1,5	Geometria prismática. Nem todos são Sopinal no(s) circuitos monitorizados, mas os da Climaverde são desprezáveis e têm a mesma geometria e capacidade.
C3	Plastico/Metal	Cyclea	Sopinal (Almoverde)	2,50	157	1,3	1,14	1,8	-	-	-	37	17,5	-	1,5	
C3	Vidro	Cyclea	Sopinal (Almoverde)	2,50	157	1,3	1,14	1,8	-	-	-	37	17,5	-	1,5	
C3	Papel/Cartao	Cyclea	Ovo (antiga Otto)	2,50	155	1,3	1,125	1,86	-	-	-	89	12,5	-	1,5	Geometria tipo "cogumelo".Ficha técnica validada caso contrário assume-se o valor medido (caso da fundura, em cima - medida maior)
C3	Plastico/Metal	Cyclea	Ovo (antiga Otto)	2,50	155	1,3	1,125	1,86	-	-	-	28	24,5	-	1,5	
C3	Vidro	Cyclea	Ovo (antiga Otto)	2,50	155	1,3	1,125	1,86	-	-	-	-	-	16,5	1,5	
C9	Papel/Cartao	RT1100	SULO	1,10	65	1,26	1,065	1,46	-	-	-	111,5	16	-	1,21	Engate no pente frontal (sistema MGB);Existem de 1000 (minoria)
C9	Plastico/Metal	RT1100	Contenur	1,10	64,3	1,28	1,06	1,442	-	-	-	-	-	25	1,321	
C9	Vidro	RT1100	Contenur e SULO	1,10	64,65	1,28	1,06	1,442	-	-	-	-	-	16	1,321	Valores da Contenur para as dim (mais representativo) e a média Contenur e Sulo para a tara
C1	Papel/Cartao	RL1000	WEBER (TNL)	1,00	58	1,27	1,082	1,135	-	-	-	63	13,5	-	1,135	Modelo base da <i>weber</i> excepto altura do cont. e bocas (medido)
C1	Plastico/Metal	RL1000	WEBER (TNL)	1,00	58	1,27	1,082	1,135	-	-	-	-	-	28	1,135	
C1	Vidro	RL1000	WEBER (TNL)	1,00	58	1,27	1,082	1,135	-	-	-	-	-	17,5	1,135	
C1	Papel/Cartao	RL2400	Contenur	2,40	135	1,76	1,37	1,625	-	-	-	99,5	15,7	-	1,45	
C1	Plastico/Metal	RL2400	Contenur	2,40	135	1,76	1,37	1,625	-	-	-	-	-	28	1,45	
C1	Vidro	RL2400	Contenur	2,40	135	1,76	1,37	1,625	-	-	-	-	-	23	1,46	
C1	Papel/Cartao	RL3200M	Vetroplast (Vecofabril)	3,20	s/Inf	1,6	1,415	1,71	-	-	-	111	42	-	1,415	
C1	Plastico/Metal	RL3200M	Vetroplast (Vecofabril)	3,20	s/Inf	1,6	1,415	1,71	-	-	-	-	-	26	1,44	
C1	Vidro	RL3200M	Vetroplast (Vecofabril)	3,20	s/Inf	1,6	1,415	1,71	-	-	-	-	-	26	1,44	
C1	Papel/Cartao	RL3200P	Contenur	3,20	180	1,758	1,51	1,78	-	-	-	104	24	-	1,395	
C1	Plastico/Metal	RL3200P	Contenur	3,20	180	1,758	1,51	1,78	-	-	-	-	-	28	1,395	
C1	Vidro	RL3200P	Contenur	3,20	180	1,758	1,51	1,78	-	-	-	-	-	23	1,425	
C4	Papel/Cartao	Molok	Molok (Sopsa)	5,00	s/Inf	-	1,72	1,15	-	1,6	1,65	51,5	25	-	1	
C4	Plastico/Metal	Molok	Molok (Sopsa)	5,00	s/Inf	-	1,72	1,15	-	1,6	1,65	-	-	24,5	1	
C4	Vidro	Molok	Molok (Sopsa)	3,00	s/Inf	-	1,32	1,15	-	1,25	1,65	-	-	19,5	1	
C5	Papel/Cartao	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	39	13,7	-	0,59	base plataforma em borracha

continua

				Ficha Técnica Fornecedor	Contentor (m)	Cuba (m)	Boca de deposição	
--	--	--	--	-----------------------------	---------------	----------	-------------------	--

TIPO	VALENCIA	MODELO	FORNECEDOR	CAP BRUTA	TARA	COMP.	LARG .	ALTURA	COMP.	LARG.	PROFUND	COMP. (cm)	LARGURA (cm)	DIÂMET. (cm)	ALTUR A (m)	OBSERV.
C5	Plastico/Metal	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	28,5	20,5	-	0,75	base plataforma em borracha
C5	Vidro	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	19	14,5	-	0,76	base plataforma em borracha
C5	Papel/Cartao	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	39	13,7	-	0,59	base plataforma em calçada
C5	Plastico/Metal	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	28,5	20,5	-	0,75	base plataforma em calçada
C5	Vidro	Subtainer (Tulip)	Ovo (antiga Otto)	3,00	s/Inf	0,645	0,52	0,855	1,85	1,85	1,815	19	14,5	-	0,76	base plataforma em calçada
C6	Papel/Cartao	SUB-Vil (Iceberg, Ticino)	Villiger (Resopre)	5,00	s/Inf	0,7	0,86	1	1,95	1,95	2,6	50	12,7	-	0,9	
C6	Plastico/Metal	SUB-Vil (Iceberg, Ticino)	Villiger (Resopre)	5,00	s/Inf	0,7	0,86	1	1,95	1,95	2,6	-	-	25	0,88	
C6	Vidro	SUB-Vil (Iceberg, Ticino)	Villiger (Resopre)	3,00	s/Inf	0,7	0,86	1	1,95	1,95	1,785	-	-	15	0,91	
C7	Papel/Cartao	Citytainer	TNL	5,00	s/Inf	0,753	0,485	0,877	1,86	2,05	3,3	65,5	37,5	-	0,68	
C7	Plastico/Metal	Citytainer	TNL	5,00	s/Inf	0,753	0,485	0,877	1,86	2,05	3,3	65,5	37,5	-	0,68	
C7	Vidro	Citytainer	TNL	5,00	s/Inf	0,753	0,485	0,877	1,86	2,05	3,3	65,5	37,5	-	0,68	
C8	Papel/Cartao	Sotkon	Sotkon	5,00	80	-	0,795	1	1,83	1,8	1,95	-	-	49	0,9	
C8	Plastico/Metal	Sotkon	Sotkon	5,00	80	-	0,495	1	1,83	1,8	1,95	-	-	49	0,9	
C8	Vidro	Sotkon	Sotkon	3,00	80	-	0,495	1	1,83	1,8	1,95	-	-	18	0,9	
C2	Papel/Cartao	Sidetainer	TNL	4,00		0,753	0,485	0,877	2,73	2,31	2,55	65,5	37,5	-	0,68	
C2	Plastico/Metal	Sidetainer	TNL	4,00		0,753	0,485	0,877	2,73	2,31	2,55	65,5	37,5	-	0,68	
C2	Vidro	Sidetainer	TNL	4,00		0,753	0,485	0,877	2,73	2,31	2,55	65,5	37,5	-	0,68	
C10	Papel/Cartao	RT90	Contenur	0,09	9	0,48	0,55	0,855	-	-	-	41	41	-	0,79	
C10	Plastico/Metal	RT90	Contenur	0,09	9	0,48	0,55	0,855	-	-	-	41	41	-	0,79	
C10	Papel/Cartao	RT120	Contenur	0,12	10,75	0,483	0,552	0,926	-	-	-	41	41	-	0,866	
C10	Plastico/Metal	RT120	Contenur	0,12	10,75	0,483	0,552	0,926	-	-	-	41	41	-	0,866	
C10	Papel/Cartao	RT240	Contenur	0,24	13	0,575	0,73	1,06	-	-	-	0	0	-	0,99	
C10	Plastico/Metal	RT240	Contenur	0,24	13	0,575	0,73	1,06	-	-	-	0	0	-	0,99	
C10	Papel/Cartao	RT360	Contenur	0,36	15,9	0,62	0,856	1,09	-	-	-	55	73	-	1	
C10	Plastico/Metal	RT360	Contenur	0,36	15,9	0,62	0,856	1,09	-	-	-	55	73	-	1	
C11	Papel/Cartao	Saco30	Silvex	0,03	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C11	Plastico/Metal	Saco30	Silvex	0,03	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C11	Plastico/Metal	SacoC	<i>diversos</i>	0,15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Comércio (saco preto)
C11	Papel/Cartao	SacoS	<i>diversos</i>	0,03	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Supermercado, Cap por validar

FICHA DE CAMPO N.º 2 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS VIATURAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

MONITORIZAÇÃO DE CIRCUITOS DE LAVAGEM (FICHA DE CAMPO N.º 4)

Pág. 1/3

Tipo de contentor:	Recolha Lateral	*Escolher: 1 - Zona Urbana de Habitação 2 - Zona Rural 3 - Zona de Comércio e	
Fileira/Valência:	Vidro		
Data:	02/12/2010		
Turno:	5ª dia (06h)		
Nº Circuito:	Sem Identificação		
Nº Cartão:	-		
Viatura:	Viatura D40		
Dimensão da equipa de	1 Motorista;		
Anomalias a registar:			
Indicadores Operacionais		Registos	
Distâncias percorridas/ton:		Km	
Saída HPEM / 1º Ponto Lavagem		0	7,6
último ponto Lavagem / Abastecimento ETAR		31	36,3
Abastecimento Bombeiros / 1º ponto Lavagem (2ª)		39	41
último ponto Lavagem (2ª) / Descarga Lixo e Limpeza		44	55
Abastecimento / Chegada HPEM		60	61
(km)			
Descolação da Garagem até ao 1º ponto da Lavagem		7,6	
Deslocação para a Garagem		17	
1º ponto de lavagem		7,6	41
último ponto de lavagem		31	44
Km efectivo de Lavagem		23,4	3
km de transporte		10	
km não productivos (posto de abastecimento + desvios para		?	
Tempos de recolha/ton:		registar hora (h:m)	
Início / Saída HPEM		06:00	06:14
Início 1º Ponto Lavagem / último Ponto Lavagem		06:32	10:19
Chegada Abastecimento ETAR / Saída		10:31	10:32
Chegada Abastecimento Bombeiros / Saída		10:38	10:48
1º ponto Lavagem (2ª) / último ponto Lavagem (2ª)		10:54	11:08
Entrada Descarga Lixo e Limpeza Viatura / Saída		11:23	11:55
Início Abastecimento / Saída		12:03	12:15
Chegada HPEM / Fim		12:17	12:25
(h:m)			
Descolação da Garagem até ao 1º ponto da Lavagem		00:12	
Deslocação para a Garagem		00:25	
tempo de "transporte"		00:24	
Tempo decorrido entre o 1º ponto da lavagem e o último		03:17	00:14
tempos de abastecimento de água (h:m)		00:10	
tempos de lavagem viatura e descarga água suja (h:m)		00:32	
tempos não productivos (preenchimento folhas diárias +		01:11	
tempo total (entre picagens de ponto) (h:m)		06:25	
Nº total de pontos/circuito		75	
Nº total de contentores lavados		69	
Capacidade do Depósito (L)		6600	
Água consumida por volta (L)		Ver foto; Estimar depois	
Detergente consumido por volta (L)		meio depósito de desinfectante	
Observações		Lavagem a quente; Uso de detergente (desinfectante); Bomba da da ETAR avariada - > abastecimento de água nos Bombeiros;	

Indicadores Operacionais						
Refª (GPS):	Código da Zona*:	Tempo de Lavagem: (de travagem até arranque) (min : seg)	Nº de contentores lavados por Tipo			Observações
			RL - 2,4m³	RL - 3,2m³	RL - 3,2m³ Metálico	
1	1/3	01:52		1		Início
2	1/3	01:49	1			
3	1	-			0	Problema electrico/hidraulico; contentor não lavado
4	1	05:00	1			idem
5	1	-	0			idem
6	1	02:57	1			idem
7	1	01:30	1			
8	1	01:24	1			
9	1	01:28	1			
10	1	01:32	1			
11	1	01:23	1			
12	1	01:22	1			
13	1	01:22	1			
14	1	01:22	1			
15	1/31	01:24	1			
16	1	01:23	1			
17	1	01:23			1	
18	1	01:33	1			
19	1	01:26			1	
20	1	01:25			1	
21	1	02:36			1	contentor mal "engatado"
22	1	01:24			1	
23	1	01:25			1	
24	1	01:27	1			
25	1	01:25			1	
26	1	01:27	1			
27	1	01:21	1			
28	1	01:23			1	
29	1	01:24			1	
30	1	01:30			1	
31	1	01:30	1			
32	1	01:25	1			
33	1	01:24	1			
34	1	01:23	1			
35	1	01:26	1			
36	1	01:23	1			
37	1	01:23	1			
38	1	01:29			1	
39	1	03:22			1	tampa fora do sitio
40	1	01:26	1			
41	1/3	01:26	1			

42	1	01:22			1	
----	---	-------	--	--	---	--

Pág. 3/3

Indicadores Operacionais						
Refª (GPS):	Código da Zona*:	Tempo de Lavagem: (de travagem até arranque) (min : seg)	Nº de contentores lavados por Tipo			Observações
			RL - 2,4m³	RL - 3,2m³	RL - 3,2m³ Metálico	
43	1	01:25			1	
44	1	01:30	1			
45	1	01:23	1			
46	1/3	01:26		1		
47	1/3	01:24	1			
48	1	01:39	1			
49	1	01:27			1	
50	1/3	01:24			1	
51	1/3	01:22			1	
52	1/3	01:45			1	contentor fora do sitio
53	1	01:25			1	
54	1/3	01:24	1			
55	1/3	01:30		1		
56	1/3	01:37			1	
57	1	01:57			1	
58	1	02:40			1	contentor mal "engatado"
59	1	-			0	obstruído; contentor não lavado
60	1	01:34		1		
61	1	01:28			1	
62	1	01:22	1			
63	1/3	01:25	1			
64	1/3	01:28			1	
65	1	01:23	1			
66	1	-	0			contentor não lavado, vidro no interior
67	1	-	0			contentor não lavado, vidro no interior
68	1	-			0	contentor não lavado, vidro no interior; fim da 1ª volta
69	1	01:26			1	início da 2ª volta
70	1/3	01:35			1	
71	1/3	01:27			1	
72	1/3	01:24	1			
73	1/3	01:28			1	
74	1	01:24			1	
75	1	01:24			1	

TOTAIS	35	4	30
--------	----	---	----

Total contentores	69
----------------------	----

ANEXO AV - TRATAMENTO DE DADOS DURANTE AS CAMPANHAS

AV.1- AVALIAÇÃO DA ROBUSTEZ DA TARA INDICADA PELO FORNECEDOR

Método: *T Test for Single Means*, utilizando o software “STATISTICA 64”.

Objectivo: Avaliar a plausibilidade da hipótese do valor da tara indicado pelos fornecedores ser verdadeira.

Este teste compara os valores da média dos valores de taras medidos com o dinamómetro com o valor indicado pelo fornecedor, rejeitando ou não a hipótese. Só se fez esta análise nos modelos onde existem dados de tara nas especificações técnicas fornecidas pelo Fornecedor.

Partiu-se do pressuposto que não existe diferença nas taras do mesmo modelo, destinados a diferentes fluxos de deposição, ou que a diferença é desprezável (diferenças na ordem de grandeza de gramas, que resultam exclusivamente das diferentes bocas de deposição).

Na tabela AV-1 resumem-se os dados base analisados. O teste foi aplicado aos modelos onde existia informação sobre a tara indicada pelo Fornecedor, à data desta análise (06/05/2012), que se indica na :

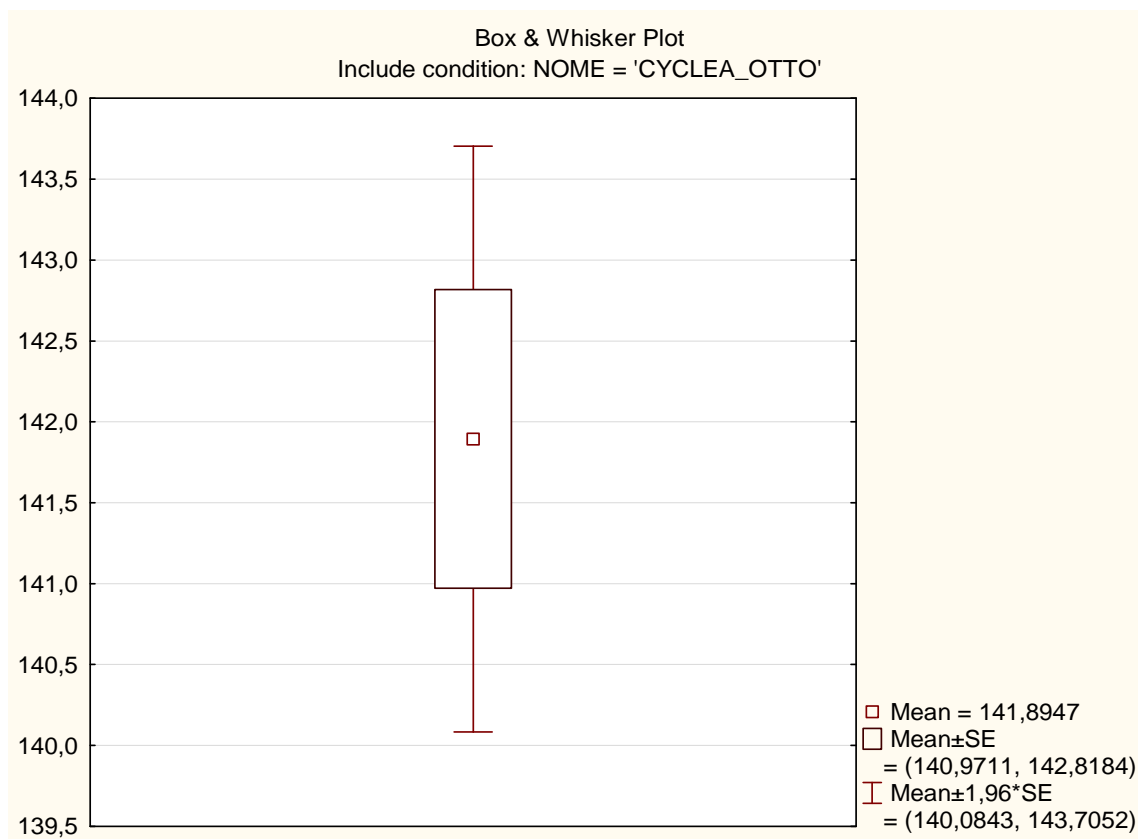
Tabela AV-1: Amostras onde o teste estatístico foi aplicado

TIPO	NOME	Fluxo de Resíduo	Média da Tara (Medido)	Tara Indicada pelo Fornecedor	Dimensão da Amostra (N)
A1	CYCLEA_OTTO	Papel/Cartao	142,2	155,0	10
A1	CYCLEA_OTTO	Plastico/Metal	139,5	155,0	4
A1	CYCLEA_OTTO	Vidro	143,2	155,0	5
A10	RT120	Papel/Cartao	10,7	10,8	4
A10	RT120	Plastico/Metal	10,7	10,8	3
A10	RT240	Papel/Cartao	12,7	13,0	5
A10	RT240	Plastico/Metal	12,2	13,0	3
A10	RT360	Papel/Cartao	15,6	15,9	4
A10	RT360	Plastico/Metal	18,2	15,9	6
A10	RT90	Papel/Cartao	9,1	9,0	1
A10	RT90	Plastico/Metal	8,5	9,0	2
A2	RT1100	Papel/Cartao	54,0	65,0	1
A2	RT1100	Plastico/Metal	54,0	65,0	1
A2	RT1100	Vidro	54,0	64,3	1
A3	RL2400	Papel/Cartao	125,0	135,0	1
A3	RL2400	Plastico/Metal	123,0	135,0	1
A3	RL2400	Vidro	123,0	135,0	1
A3	RL3200P	Papel/Cartao	157,0	180,0	2
A3	RL3200P	Plastico/Metal	151,0	180,0	1
A3	RL3200P	Vidro	151,0	180,0	1

1) Cyclea Otto

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as 3 valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 3 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'CYCLEA_OTTO'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	141,8947	4,026230	19	0,923680	155,0000	-14,1881	18	0,000000

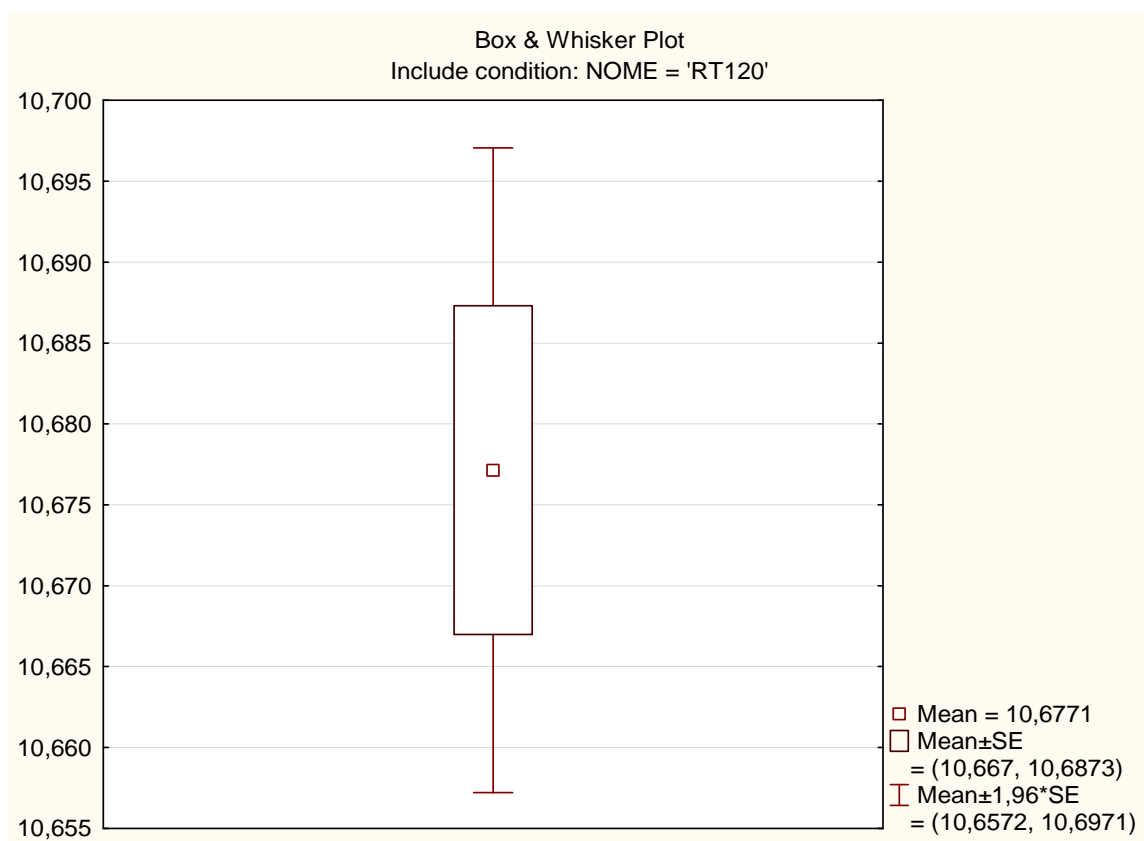


Conclusão: rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

2) RT 120

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as duas valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 2 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RT120'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	10,67714	0,026904	7	0,010169	10,80000	-12,0820	6	0,000020

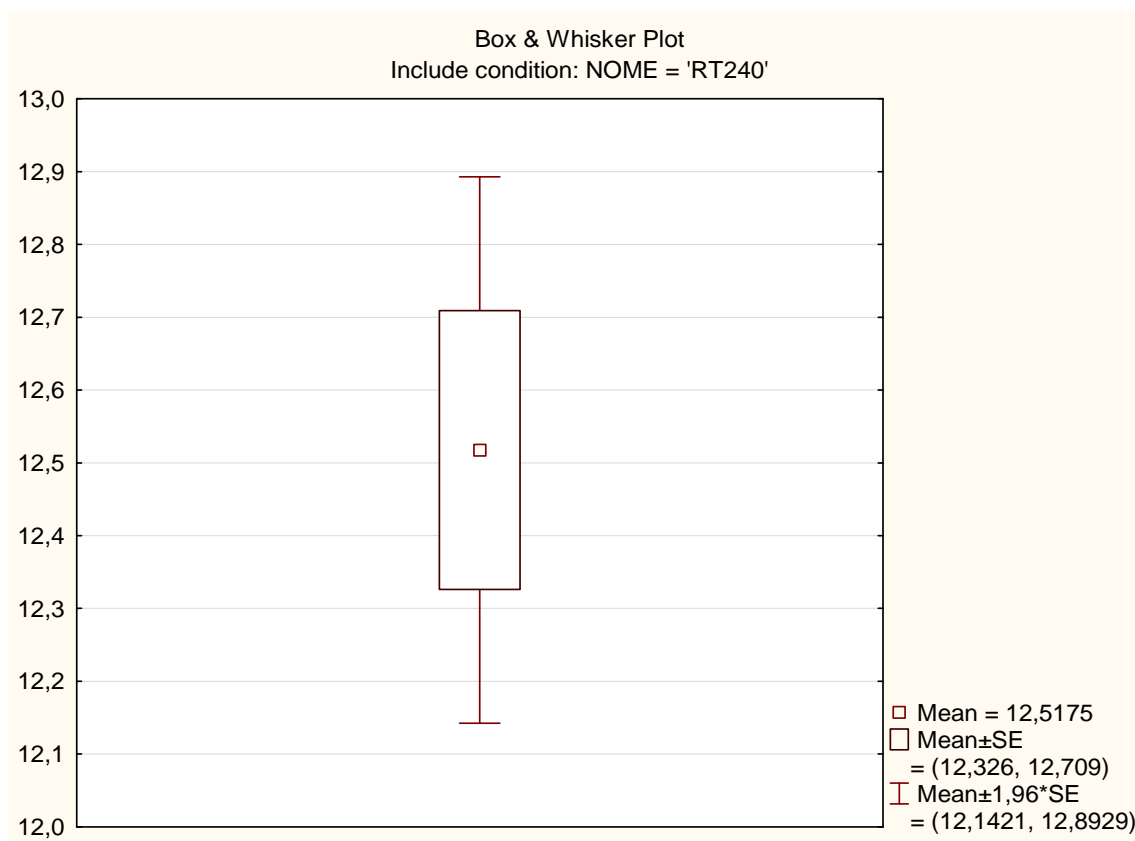


Conclusão rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

3) RT 240

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as duas valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 2 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RT240'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	12,51750	0,541684	8	0,191514	13,00000	-2,51940	7	0,039846

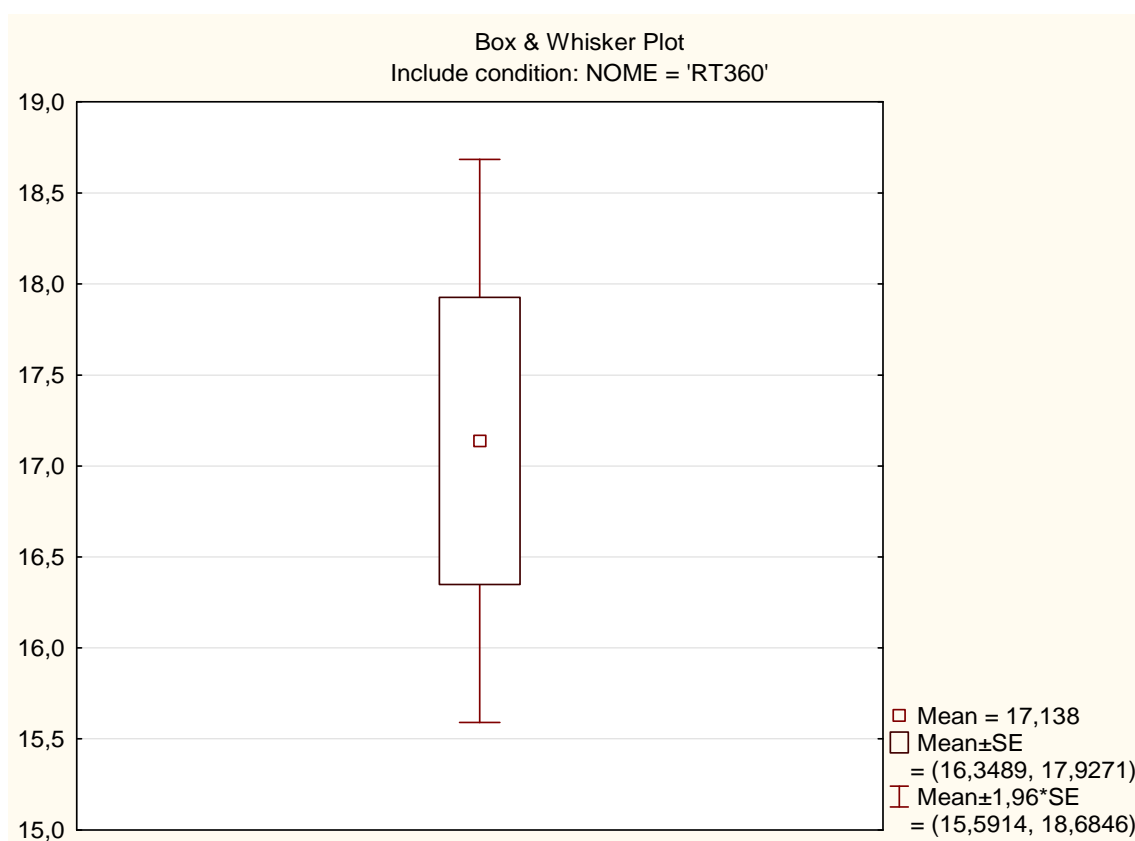


Conclusão: rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

4) RT 360

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as duas valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 2 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RT360'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	17,13800	2,495270	10	0,789074	15,90000	1,568928	9	0,151110

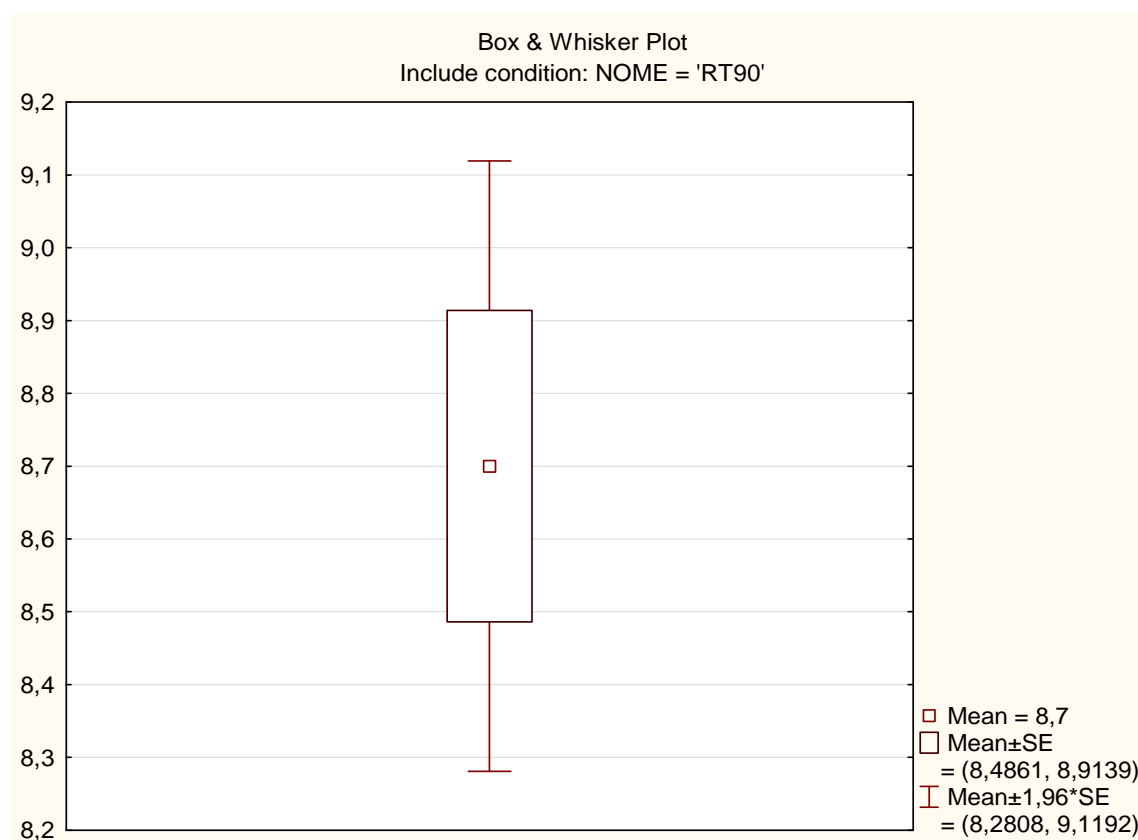


Conclusão: não rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

5) RT 90

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as duas valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 2 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RT90'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	8,700000	0,370405	3	0,213854	9,000000	-1,40283	2	0,295757

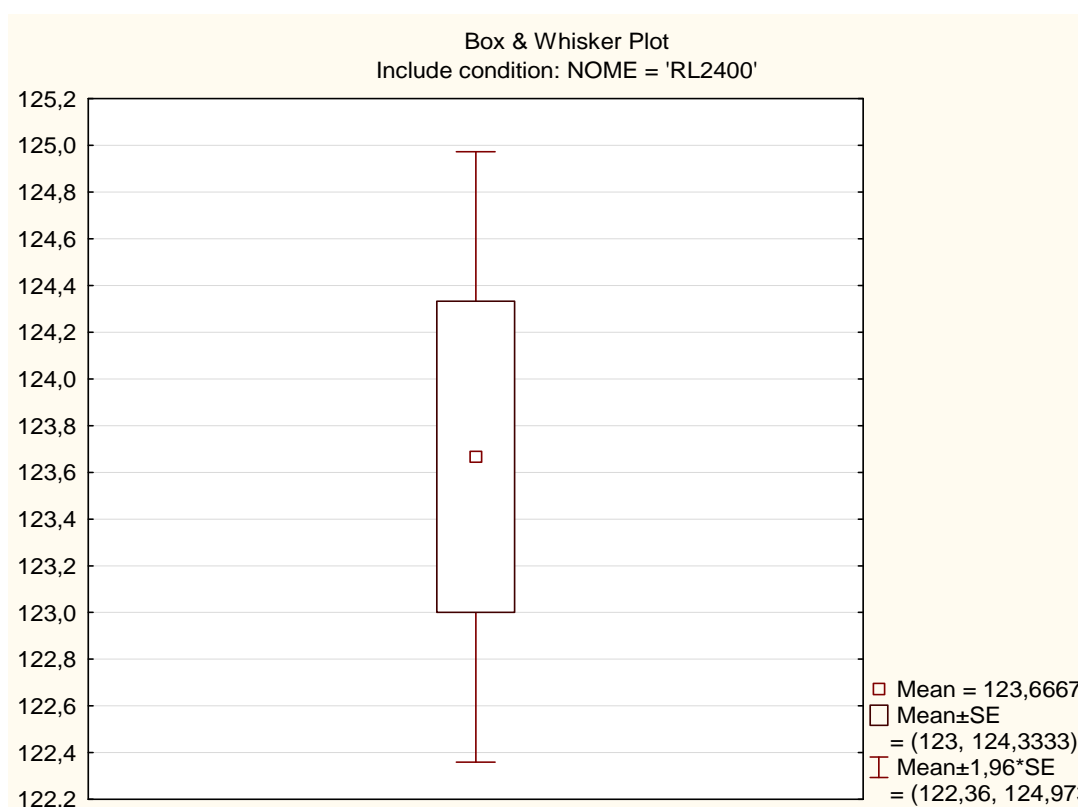


Conclusão: não rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

6) RL 2400

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as três valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 3 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RL2400'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	123,6667	1,154701	3	0,666667	135,0000	-17,0000	2	0,003442

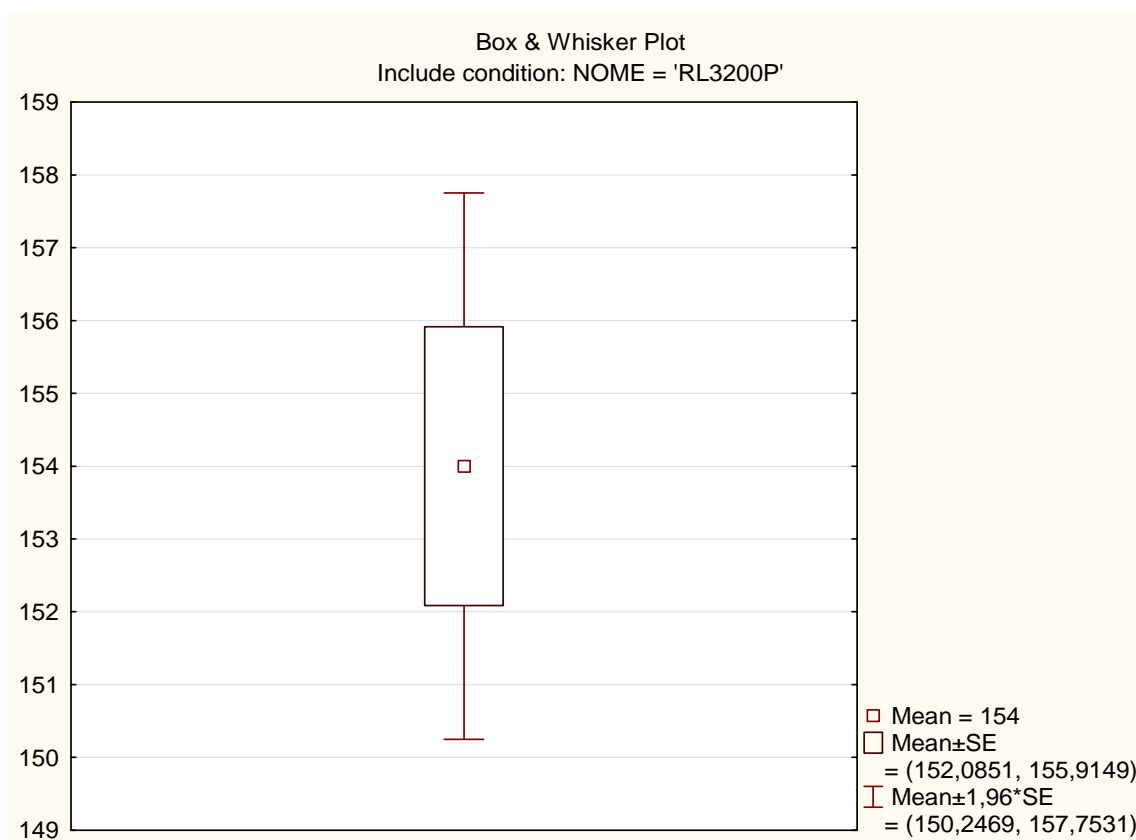


Conclusão: rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

7) RL 3200P

Assume-se que não existe diferença da tara entre valências, analisam-se assim as três valências em conjunto, permitindo aumentar a dimensão da amostra em análise (n = somatório de registos medidos nas 3 valências).

Variable	Test of means against reference constant (value) (taras dados em bruto) Include condition: NOME = 'RL3200P'							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
PESO VAZIO KGS	154,0000	3,829708	4	1,914854	180,0000	-13,5781	3	0,000864



Conclusão: rejeito a hipótese nula do valor da tara indicada pelo Fornecedor ser verdadeiro.

AV.2 - PESAGENS DE CONTENTORES: DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO DA AMOSTRA

EXEMPLIFICAÇÃO DO MÉTODO PARA ESTIMATIVA DO TAMANHO DA AMOSTRA (parte do pressuposto da Distribuição Normal):

Hipóteses	Z	erro	Cálculo do N
A – z (95%), e=10%	1,959964	0,1	N (α=0,05; e=10%)
B – z (90%), e=10%	1,6448536	0,1	N (α=0,10; e=10%)
C – z (90%), e=20%	1,6448536	0,2	N (α=0,10; e=20%)

DESCARTAR os seguintes registos:

- ✓ pesagens de equipamentos com taxas de enchimento abaixo de 75% para P/C e P/M e abaixo de 50% para V;
- ✓ pesagens com contaminantes;
- ✓ pesagens em dias de chuva para o P/C.

EXEMPLOS

Amostra 1 : Pesagens de Contentores do tipo C8 (Sotkon) para a valência de VIDRO

TIPO	TX.ENCH. [%]	PESO BRUTO [KGS]	OBS	DESCARTAR	PESO LIQUIDO [KGS]	Corr 100% [KGS]	Registado por:
C8 - Sotkon 3 m3	50%	451	-		306	612	PS
C8 - Sotkon 3 m3	70%	420	-		275	393	PS
C8 - Sotkon 3 m3	50%	530	-		385	770	PS
C8 - Sotkon 3 m3	70%	646	-		501	716	PS
C8 - Sotkon 3 m3	50%	465	-		320	640	PS
C8 - Sotkon 3 m3	50%	505	-		360	720	PS

Ocorrências (N)	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Grau de assimetria	Grau de Pearson	Coef. de variação da amostra (%)	Coef. de variação da média	Coef. de confiança	Intervalo de confiança			Erro (%)	N necessárias - A	N necessárias - B	N necessárias C
6,00	393,00	770,00	641,83	678,00	#N/D	134,80	-0,80	#N/D	21,00	55,03	2,57	641,83	±	141,46	22,04	16,94	11,93	2,98

Amostra 2: Pesagens de Contentores do tipo C9 (RT de 1100L) para a valência de PLÁSTICO/METAL

TIPO	TX.ENCH.[%]	PESO BRUTO [KGS]	OBS	DESCARTAR	PESO LIQUIDO[KGS]	Corr 100% [KGS]	Registado por:
C9 - RT1100L	100%	99	Alto do Lumiar		34,7	35	PS
C9 - RT1100L	100%	106			41,7	42	PS
C9 - RT1100L	100%	98			33,7	34	PS
C9 - RT1100L	100%	104			39,7	40	PS
C9 - RT1100L	100%	114			49,7	50	PS
C9 - RT1100L	100%	93			28,7	29	PS
C9 - RT1100L	100%	91	Gente Nova Cabeleireiros		26,7	27	PS
C9 - RT1100L	100%	91			26,7	27	PS
C9 - RT1100L	100%	105	Hospital da Luz		40,7	41	PS
C9 - RT1100L	100%	102			37,7	38	PS
C9 - RT1100L	100%	108	Quinta das mil Flores		43,7	44	PS

Ocorrências (N)	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Grau de assimetria	Grau de Pearson	Coef. de variação da amostra (%)	Coef. de variação da média	Coef. de confiança	Intervalo de confiança			Erro (%)	N necessárias - A	N necessárias - B	N necessárias - C
11,00	27,00	50,00	37,00	38,00	27,00	7,39	-0,41	1,35	19,97	2,23	2,23	37,00	±	4,96	13,42	15,32	10,79	2,70

Amostra 3: Pesagens de Contentores do tipo C3 (Cyclea) para a valência de PLÁSTICO/METAL

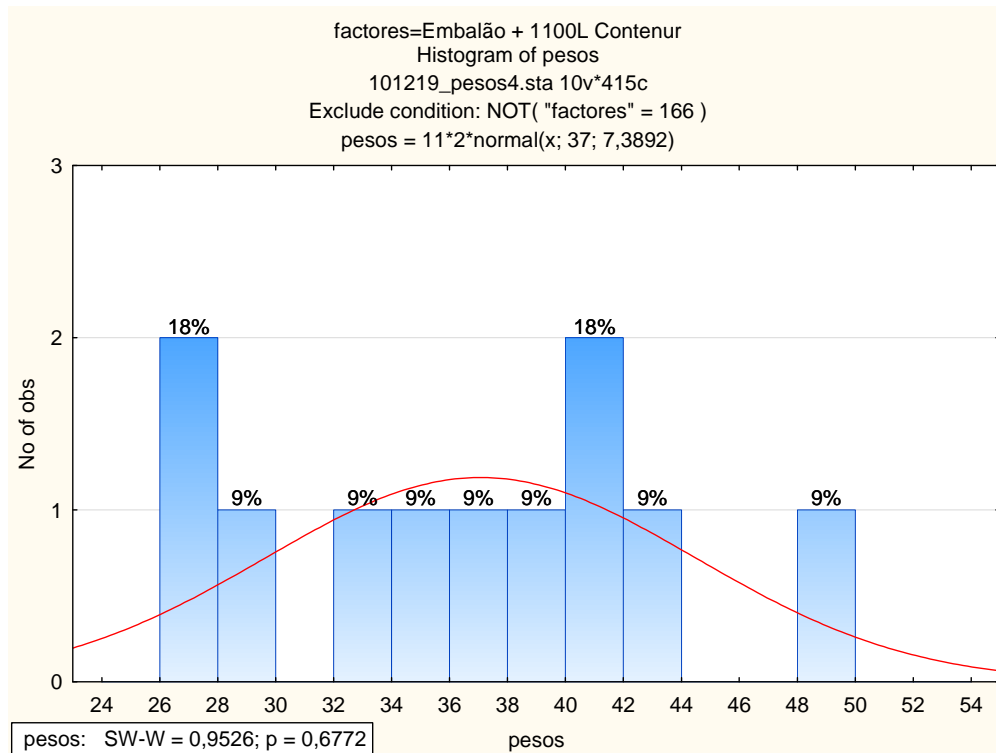
TIPO	TX.ENCH.[%]	PESO BRUTO [KGS]	OBS	DESCARTAR	PESO LIQUIDO	Corr 100%	Registado
C3 - Cyclea	100%	175			36	36	RM
C3 - Cyclea	100%	183			44	44	RM
C3 - Cyclea	100%	183			44	44	RM
C3 - Cyclea	100%	200	pilhão	X	57		RM
C3 - Cyclea	100%	193			54	54	RM
C3 - Cyclea	100%	191			52	52	RM
C3 - Cyclea	100%	182			43	43	RM
C3 - Cyclea	100%	178			39	39	RM
C3 - Cyclea	100%	177			38	38	RM
C3 - Cyclea	100%	182			43	43	RM
C3 - Cyclea	100%	198			59	59	RM
C3 - Cyclea	100%	179			40	40	RM
C3 - Cyclea	100%	188			49	49	RM
C3 - Cyclea	100%	167			28	28	RM
C3 - Cyclea	100%	181	algum pequeno comércio na		42	42	RM
C3 - Cyclea	100%	181	algum pequeno comércio na		42	42	RM
C3 - Cyclea	100%	183	Mercado (pesado com pilhão)	X	40		RM
C3 - Cyclea	100%	182			43	43	RM
C3 - Cyclea	75%	162			23	31	RM
C3 - Cyclea	75%	160			21	28	RM
C3 - Cyclea	75%	170	1 loja roupa,1 café, 1 mini-mercado		31	41	RM
C3 - Cyclea	75%	162	junto à igreja; parque infantil;2/3 cafés;1		23	31	RM
C3 - Cyclea	50%	154	junto à escola	X	15		RM
C3 - Cyclea	50%	157		X	18		RM
C3 - Cyclea	50%	151	junto ao colégio "Herdeiros do Futuros"	X	12		RM
C3 - Cyclea	50%	157		X	18		RM
C3 - Cyclea	50%	160	junto à bomba da Galp e infantário	X	21		RM

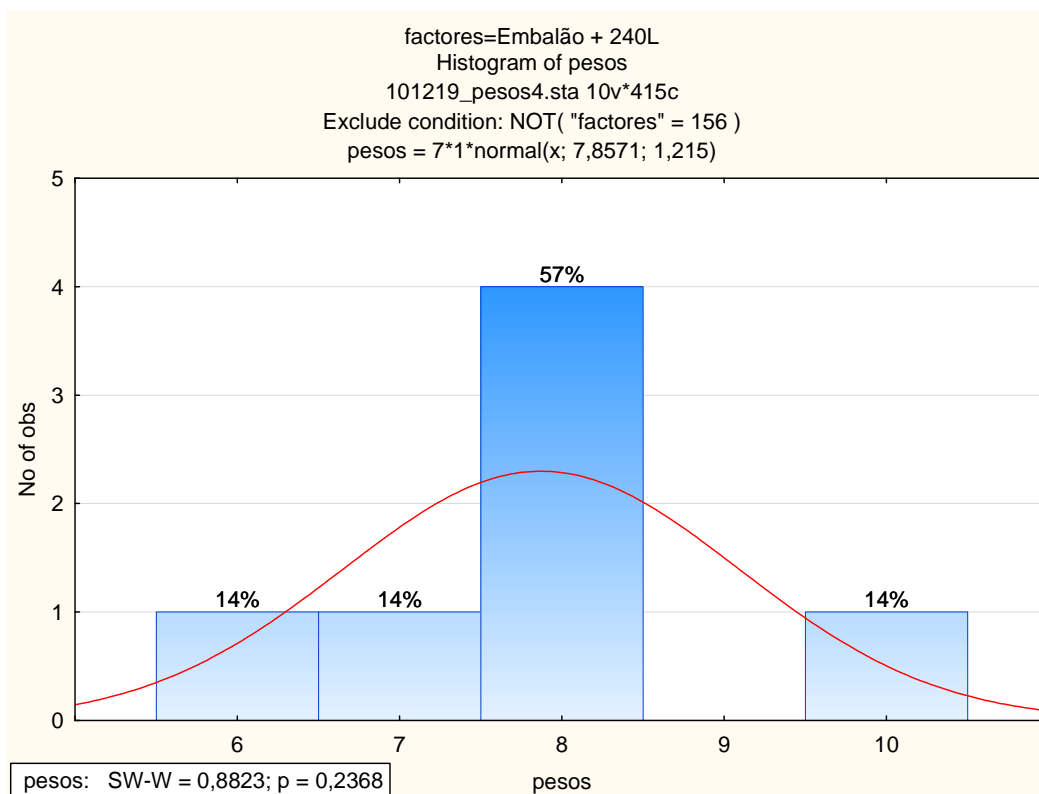
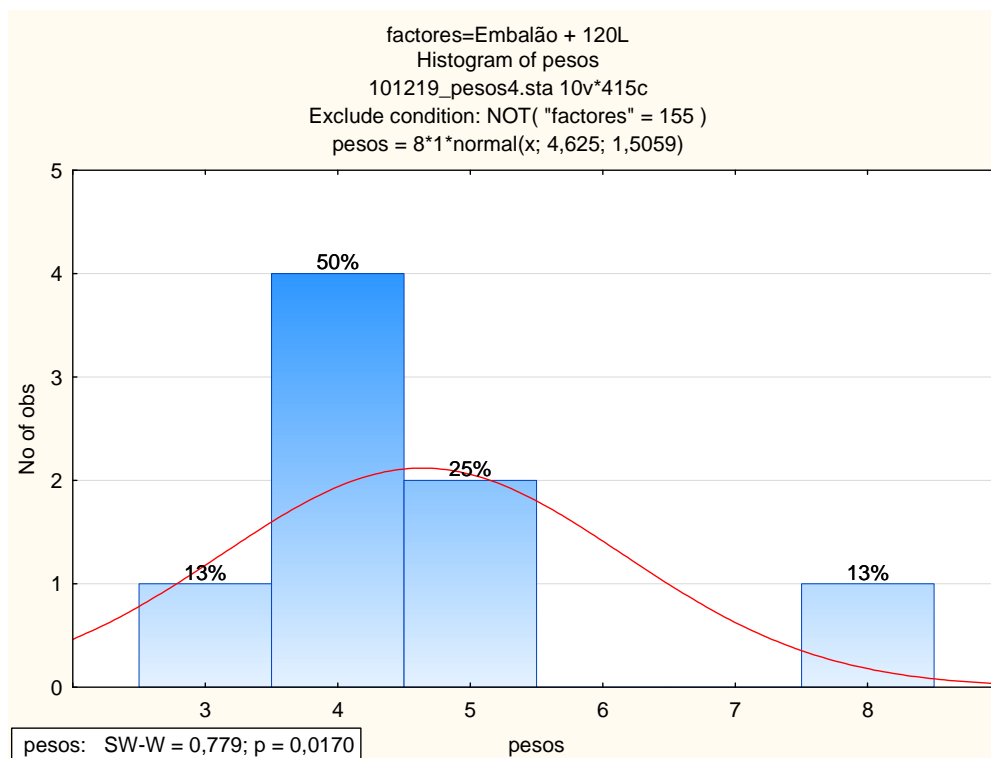
Ocorrências (N)	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Grau de assimetria	Grau de Pearson	Coef. de variação da amostra (%)	Coef. de variação da média	Coef. de confiança	Intervalo de confiança		Erro (%)	N necessárias - A	N necessárias - B	N necessárias - C
20,00	28,00	59,00	41,35	42,00	43,00	8,22	-0,24	-0,20	19,88	1,84	2,09	41,35	± 3,85	9,31	15,19	10,70	2,67

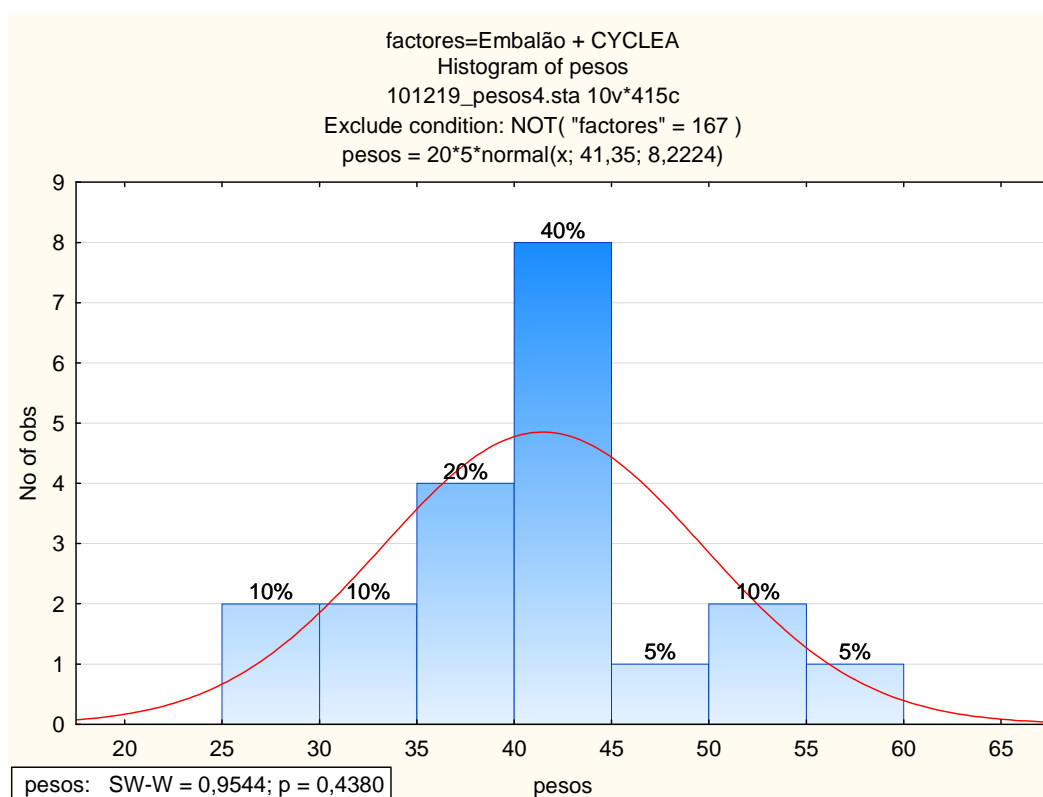
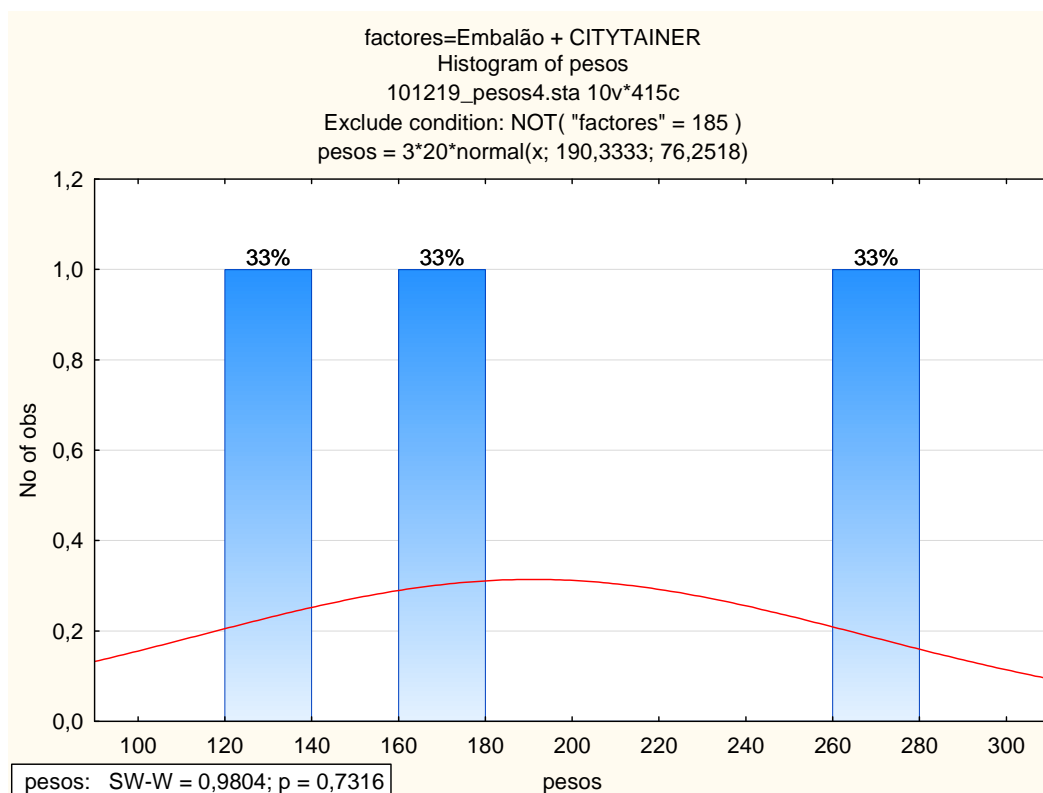
AV.3 - TESTE À DISTRIBUIÇÃO NORMAL – EXEMPLOS DE AMOSTRAS DE PESAGENS DE CONTENTORES DO FLUXO DE EMBALAGENS

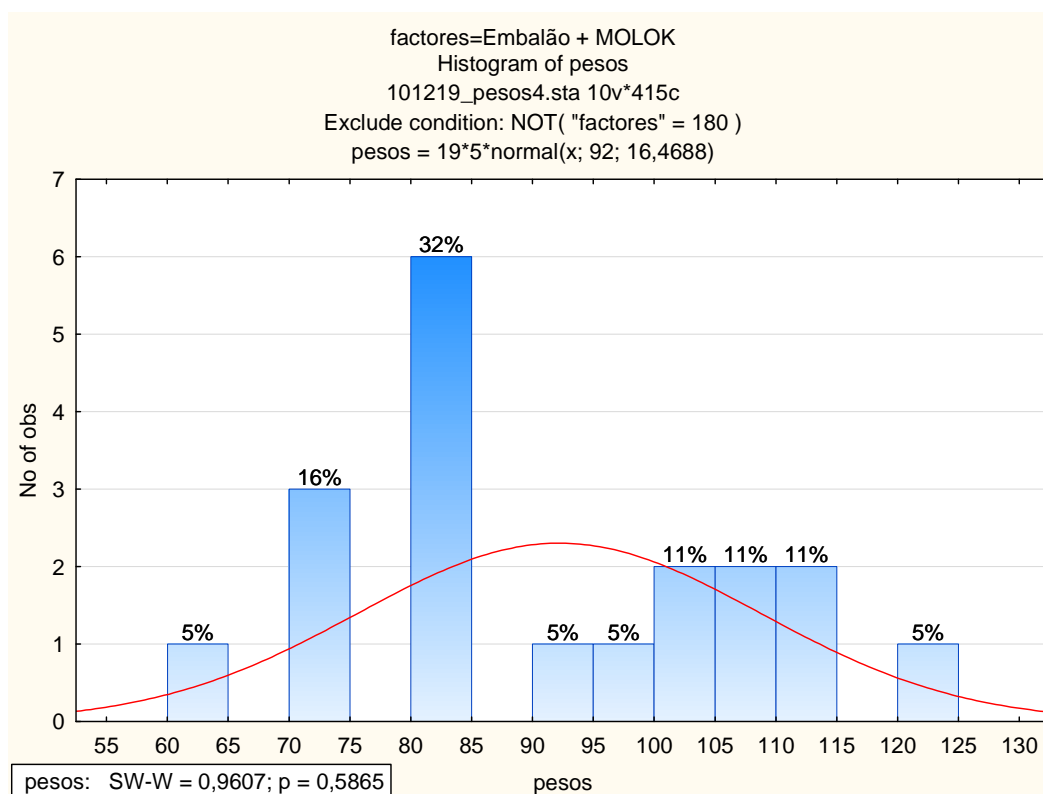
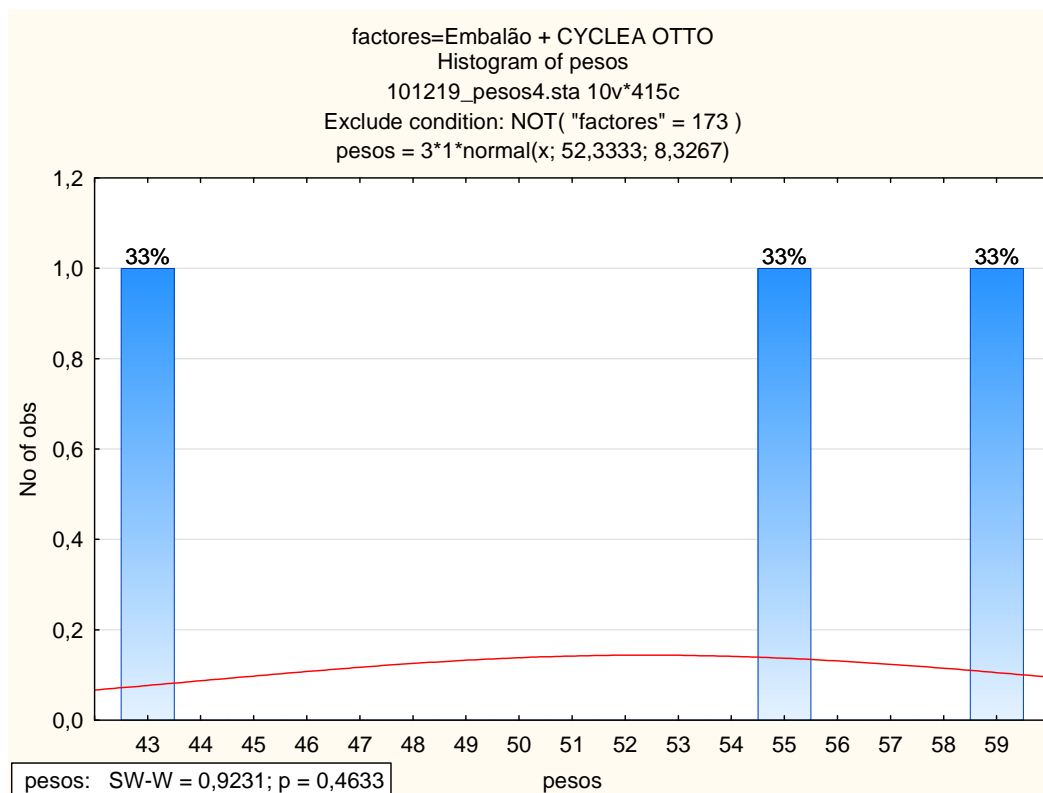
Teste “Shapiro-Wilk”

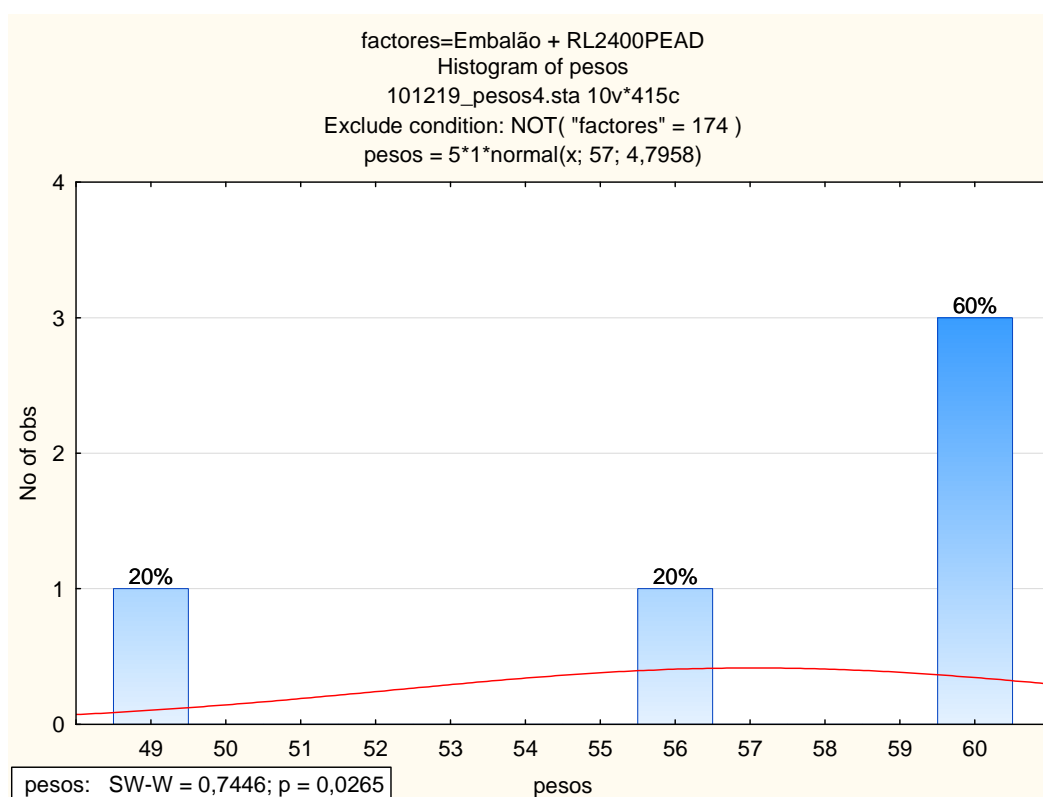
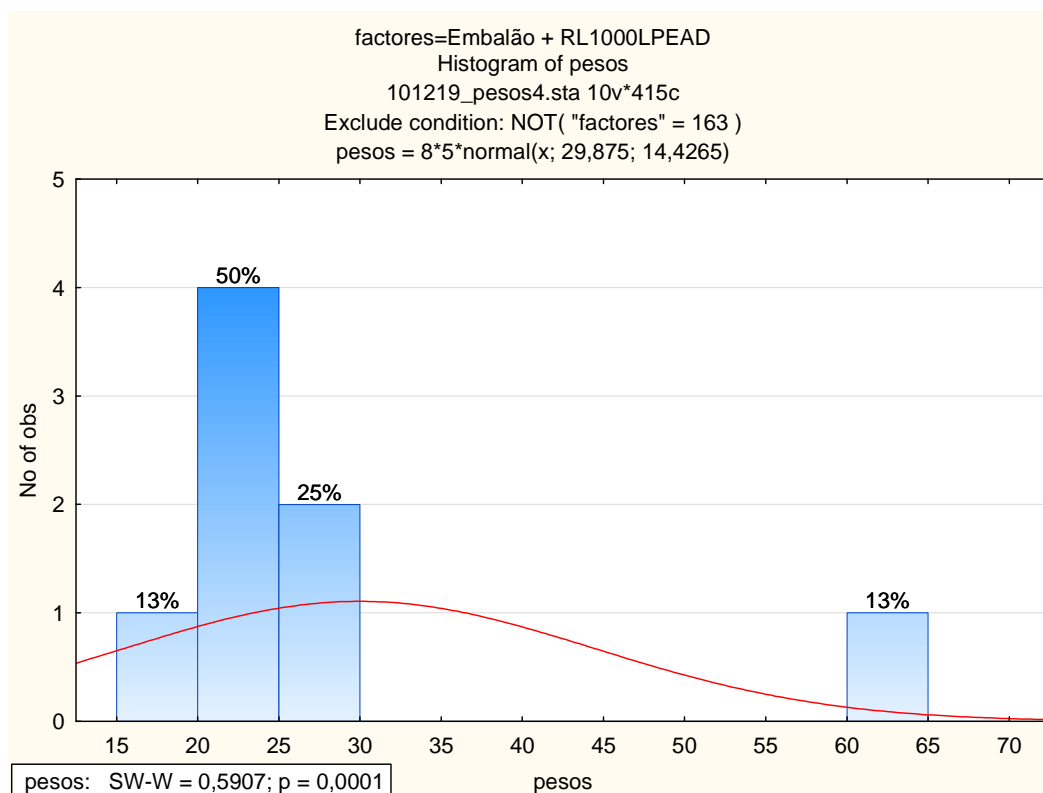
Histogramas das amostras de pesos: Se $p < 0,05$, então o teste é negativo.

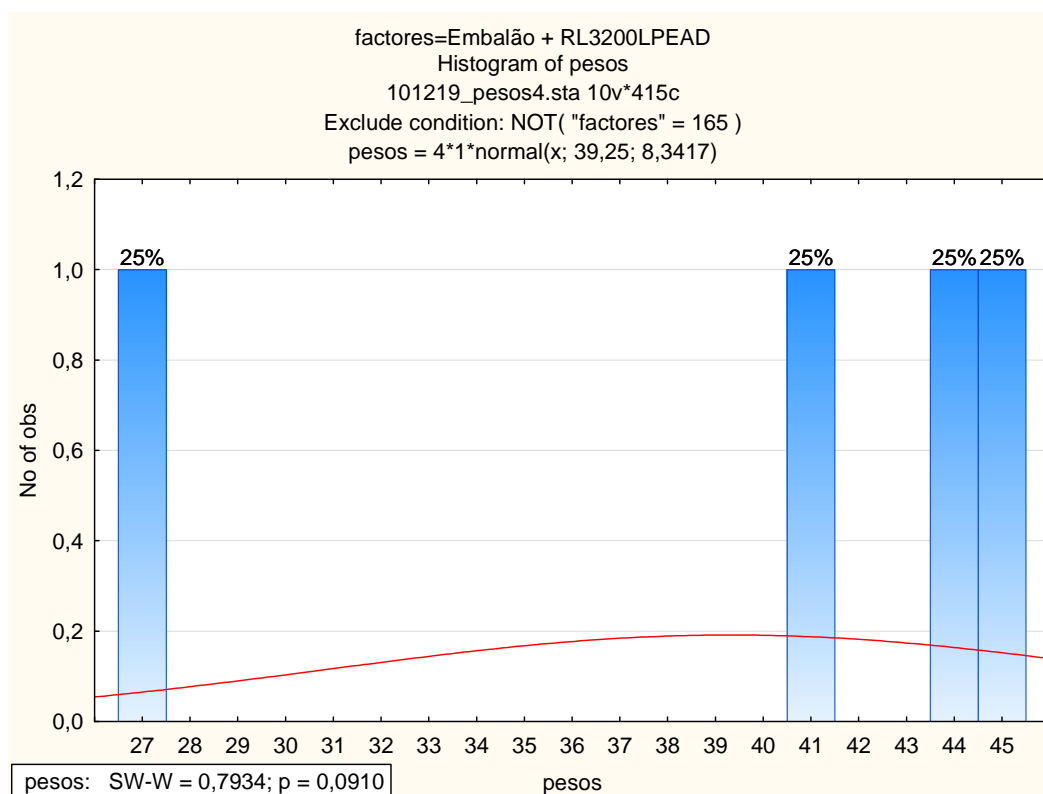
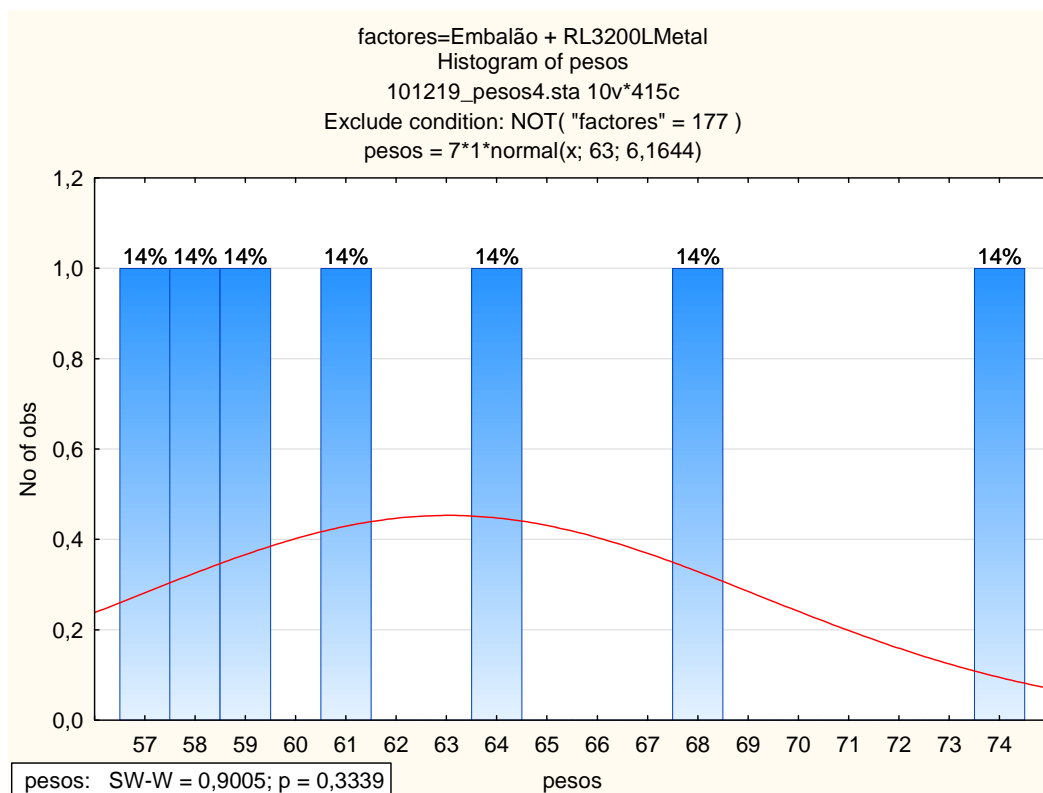


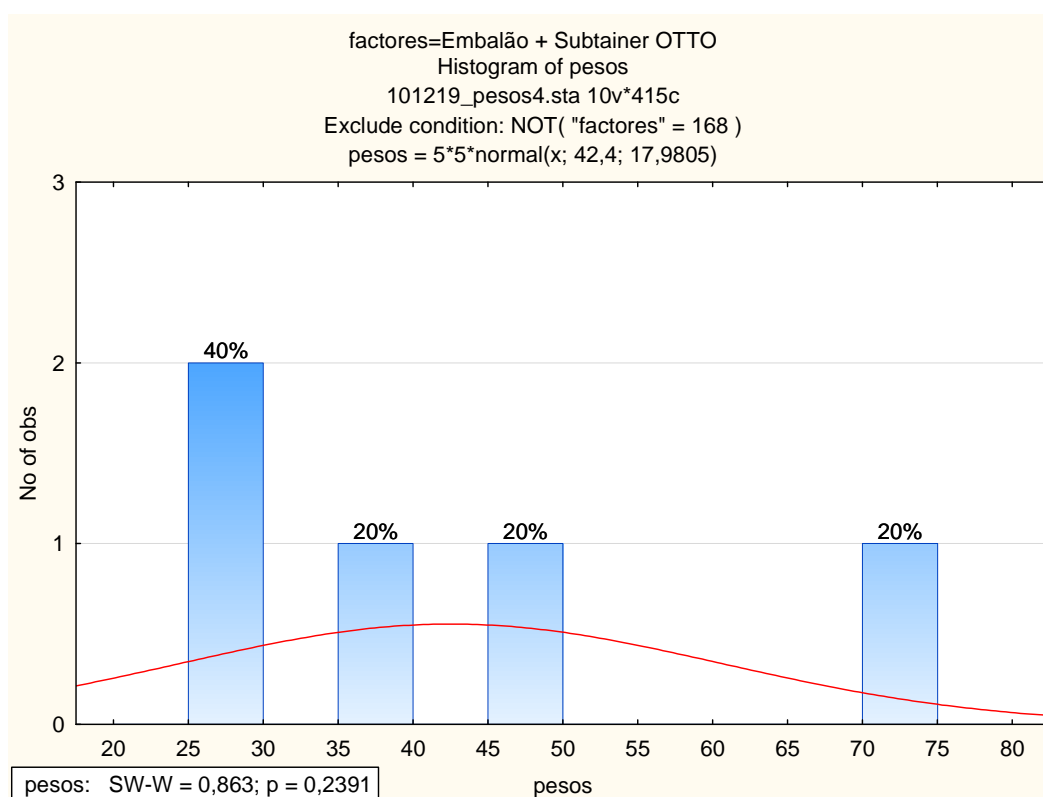
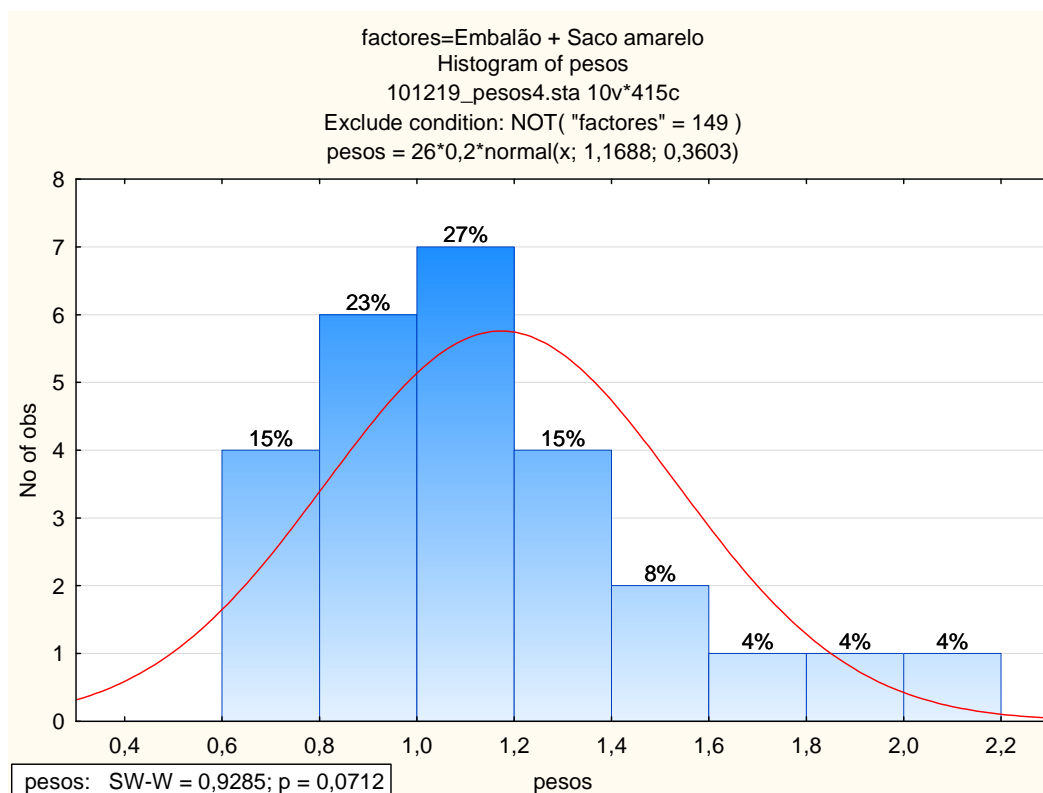


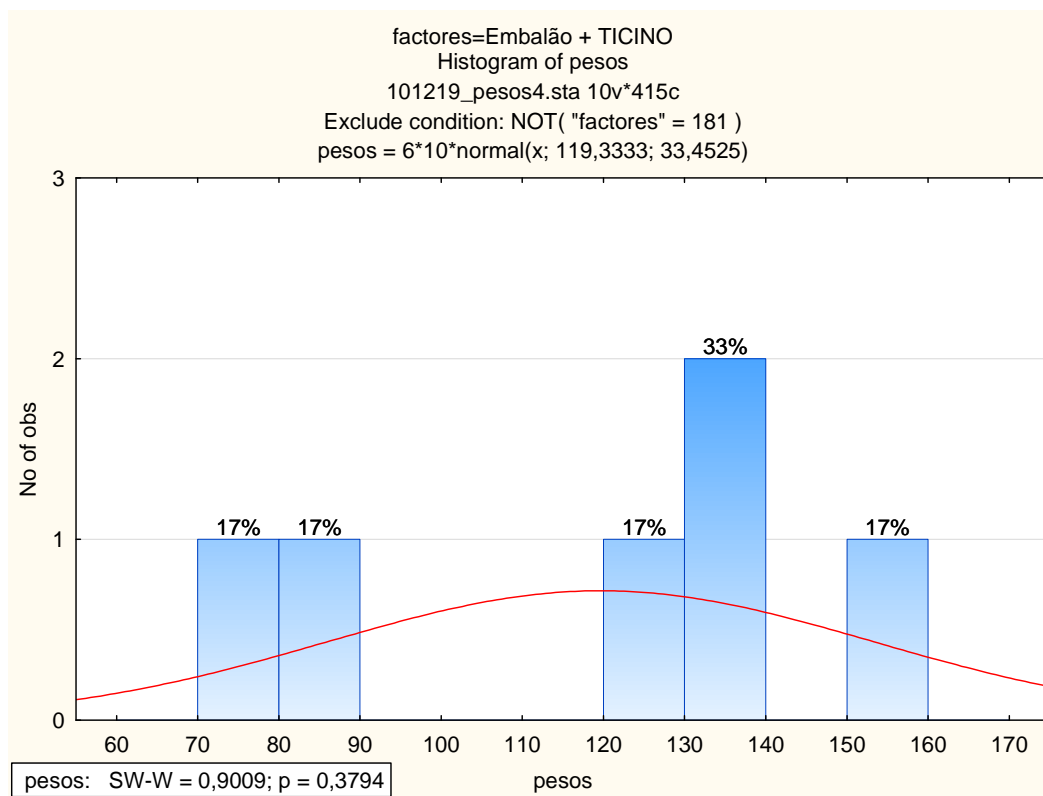












AV.4 – BASE DE DADOS CRIADA PARA O TRATAMENTO DOS DADOS REGISTADOS NA MONITORIZAÇÃO DOS CIRCUITOS DE RECOLHA

Exemplos de dois circuitos filtrados à Base de Dados (Siglas de acordo com o Diagrama da Figura III-7):

Tipo	Operação	Fases Circuito	Siglas*	hh:mm	min dec	km	Circuito	Valência	Data	Local	Turno	Sistema	Quant (kg)	np	Nc	Observações
Não Produtivo	Parque início	Registos	Tnp i	0:22	22,00	-	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	De Parque	Parque - 1º ponto	t1	0:16	16,00	10,80	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	Recolha Efectivo	1º - Ultimo	Tre	3:54	234,00	26,60	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	Transporte	Ultimo - ET	Tt	0:13	13,00	5,50	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	Deposição	ET	Td	0:08	8,00	0,80	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	Descarga Cuba	ET	Tdc	0:02:50	2,83	-	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6	1040	48	48	0
Não Produtivo	Pausa	Pausa	Tnp p	0:50	50,00	-	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Não Produtivo	Abastecimento	Abast	Tnp a	0:28	28,00	-	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Produtivo	Para Parque	ET-Parque	t2	0:20	20,00	14,50	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0
Não Produtivo	Parque fim	Registos	Tnp f	0:10	10,00	-	353	P/M	13/05/2011	HPEM	6h	C3V6				0

Tipo	Operação	Fases Circuito	Siglas	hh:mm	min dec	km	Circuito	Valência	Data	Local	Turno	Sistema	Quant (kg)	np	Nc	Observações
Não Produtivo	Parque início	Registos	Tnp i	0:13	13,0	-	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	De Parque	Parque - 1º ponto 1v	t1	0:07	7,0	5,4	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3V1				noite chuvosa
Produtivo	Recolha Efectivo	1º - Ultimo 1v	Tre1	2:15	135,0	17,5	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3V1				noite chuvosa
Produtivo	Transporte	Ultimo 1v - ET	Tt1	0:19	19,0	8,6	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3V1				noite chuvosa
Produtivo	Deposição	ET 1v	Td1	0:08	8,0	0,9	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3V1				noite chuvosa
Produtivo	Descarga Cuba	ET	Tdc	0:03:52	3,87	0	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3V1	740	25	25	noite chuvosa
Produtivo	Transporte	ET-1ºponto 2v	Tt2	0:13	13,0	7,7	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	Recolha Efectivo	1º - Ultimo 2v	Tre2	1:15	75,0	15,7	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	Transporte	Ultimo ponto 2v - ET	Tt3	0:12	12,0	6,1	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	Deposição	ET 2v	Td2	0:07	7,0	0,8	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	Descarga Cuba	ET	Tdc	0:02:38	2,63	-	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1	240	8	8	noite chuvosa
Não Produtivo	Pausa	Pausa	Tnp p	0:45	45,0	-	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Não Produtivo	Abastecimento	Abast	Tnp a	0:09	9,0	-	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Produtivo	Para Parque	ET-Parque	t2	0:15	15,0	14,6	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa
Não Produtivo	Parque fim	Registos	Tnp f	0:10	10,0	-	356	P/M	19/04/2011	HPEM	23h	C3,C5,C7V1				noite chuvosa

(*) Na base de dados utilizaram-se siglas que são as abreviaturas indicadas no diagrama da Figura III-7, substituindo o “F” (de Fase) pelo “t” ou “d” conforme se trata de um dado de tempo ou de distância.

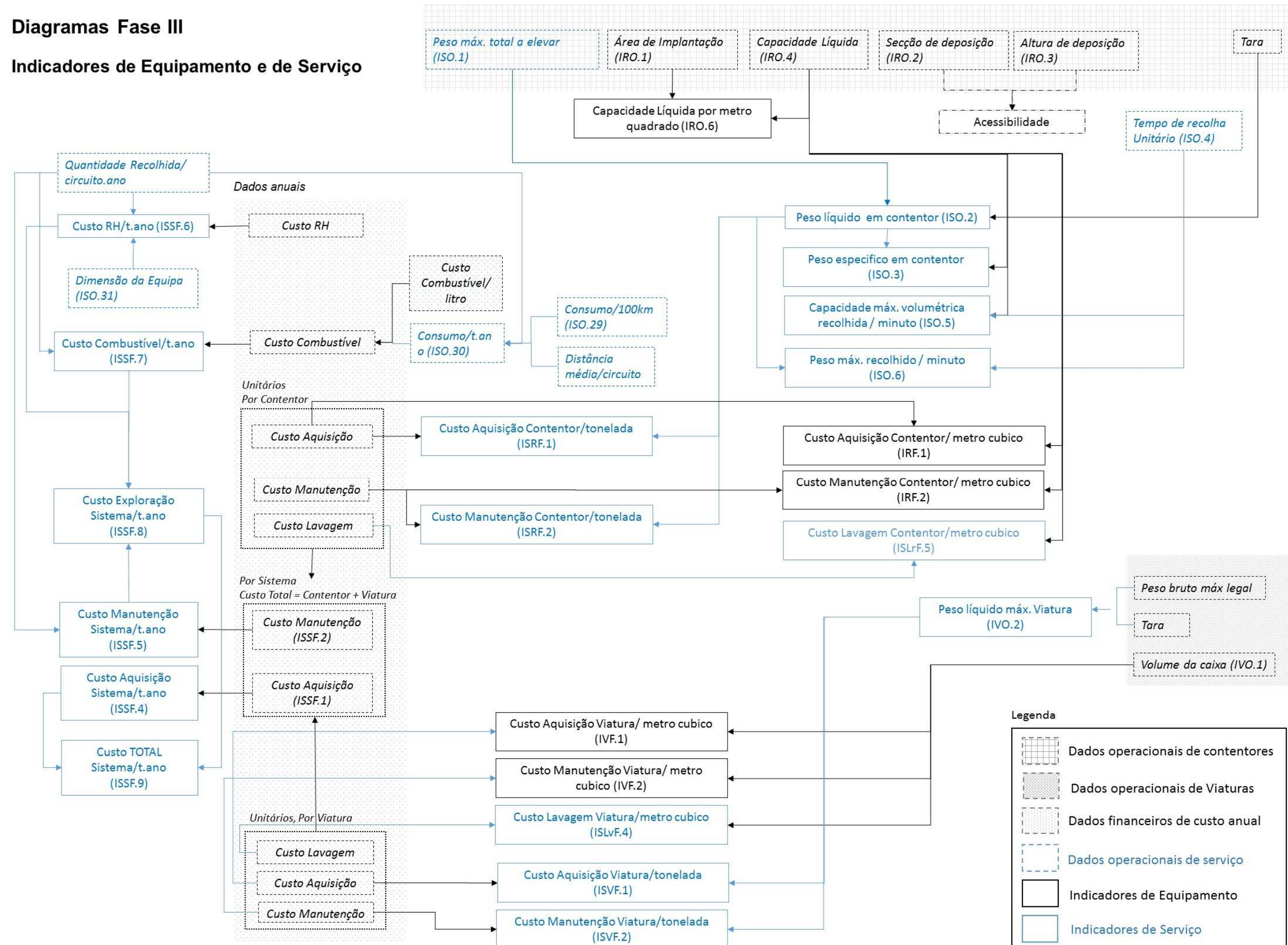
ANEXO AVI - DIAGRAMAS DA FASE III DO MCBSR

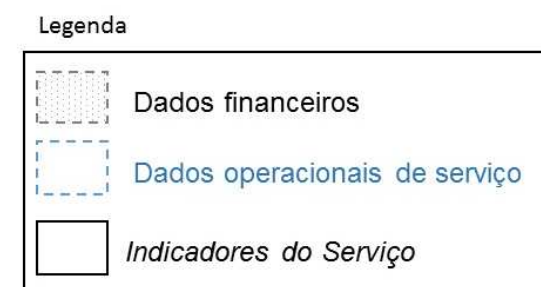
DIAGRAMA AVI.1 - INDICADORES DE EQUIPAMENTO E DE SERVIÇO

DIAGRAMA AVI.2 – INDICADORES DE SERVIÇO RELATIVOS AOS CIRCUITOS DE RECOLHA

Diagramas Fase III

Indicadores de Equipamento e de Serviço





ANEXO AVII - DADOS BASE DE CUSTO

AVII.1 – CUSTO DE AQUISIÇÃO DE RECIPIENTES: ACTUALIZAÇÃO E AMORTIZAÇÃO

*Todos os valores são apresentados sem IVA							Actualização de preços a 2011 (IPC)			Amortização com taxa de juro de 5%			
TIPO	Acrónimo	Custo Aquisição (€)	Data Aquis.	Custo Instalação (€)	Custo TOTAL Unitário (€)	Custo TOTAL Ecoponto (€)	Coef IPC (INE)	Custo TOTAL Unit. - 2011 (€)	Custo TOTAL Ecoponto - 2011 (€)	Vida útil (anos)	Coef anuidade	Custo Anual Contentor (€/ano)	Custo Anual Ecoponto (€/ano)
C3'	S,I,WoC,C1R	374,72 €	2004	- €	374,72 €	1.124,16 €	1,155303458454	432,92 €	1.298,75 €	10	0,1295045750	56 €	168 €
C3	S,I,WoC,C1R	400,00 €	13/07/2007	- €	400,00 €	1.200,00 €	1,069282857765	427,71 €	1.283,14 €	10	0,1295045750	55 €	166 €
C3	S,I,WoC,C1R	410,00 €	01/10/2010	- €	410,00 €	1.230,00 €	1,036500000000	424,97 €	1.274,90 €	10	0,1295045750	55 €	165 €
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	215,00 €	2008		215,00 €			224,09 €				29 €	
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	175,00 €	2008		175,00 €	567,90 €	1,042287608700	182,40 €	612,76 €	10	0,1295045750	24 €	79 €
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	177,90 €	2008		177,90 €			185,42 €				24 €	
C1.1	S,I,WoC,LiS	225,00 €	31/07/2009	- €	225,00 €	675,00 €	1,051011000000	236,48 €	709,43 €	10	0,1295045750	31 €	92 €
C1.2	S,I,WoC,LiS	660,00 €	01/06/2009	- €	660,00 €	1.980,00 €	1,051011000000	693,67 €	2.081,00 €	10	0,1295045750	90 €	269 €
C1.2	S,I,WoC,LiS	690,00 €	07/2009	- €	690,00 €	2.070,00 €	1,051011000000	725,20 €	2.175,59 €	10	0,1295045750	94 €	282 €
C1.4	S,I,WoC,LiS	830,00 €	01/06/2009	- €	830,00 €	2.490,00 €	1,051011000000	872,34 €	2.617,02 €	10	0,1295045750	113 €	339 €
C1.4	S,I,WoC,LiS	891,00 €	07/2009	- €	891,00 €	2.673,00 €	1,051011000000	936,45 €	2.809,35 €	10	0,1295045750	121 €	364 €
C1.3	S,I,WoC,LiS	885,00 €	11/12/2003	- €	885,00 €	2.655,00 €	1,182684150420	1.046,68 €	3.140,03 €	15	0,0963422876	101 €	303 €
C4	SU, WoC,EC,C1R	1.785,00 €	18/06/2010		4.085,00 €			4.234,10 €				408 €	
C4	SU, WoC,EC,C1R	1.560,00 €	18/06/2010	6.900,00 €	3.860,00 €	12.030,00 €	1,036500000000	4.000,89 €	12.469,10 €	15	0,0963422876	385 €	1.201 €
C5	U,WoC,EC,C1R	5.250,00 €	2003	5.700,00 €	7.150,00 €	21.450,00 €	1,182684150420	8.456,19 €	25.368,58 €	15	0,0963422876	815 €	2.444 €
C5'	U,WoC,EC,C1R	5.250,00 €	2003	5.700,00 €	7.150,00 €	21.450,00 €	1,182684150420	8.456,19 €	25.368,58 €	15	0,0963422876	815 €	2.444 €
C6	U,WoC,EC,CM	5.500,00 €	2005	3.534,00 €	6.678,00 €	20.034,00 €	1,129549724731	7.543,13 €	22.629,40 €	15	0,0963422876	727 €	2.180 €
C7	U,WoC, OPH,C1R	6.477,50 €	08/04/2010	5.460,00 €	8.297,50 €	24.892,50 €	1,036500000000	8.600,36 €	25.801,08 €	15	0,0963422876	829 €	2.486 €
C8	U,WoC,OPG,C2R	4.015,38 €	01/10/2010	1.900,00 €	4.965,38 €	16.880,76 €	1,036500000000	5.146,62 €	17.496,91 €	15	0,0963422876	496 €	1.686 €
C8	U,WoC,OPG,C2R	3.350,00 €		1.700,00 €	5.050,00 €			5.234,33 €				504 €	
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	11.192,50 €	29/09/2010	10.650,00 €	14.742,50 €	44.227,50 €	1,036500000000	15.280,60 €	45.855,13 €	15	0,0963422876	1.439 €	4.316 €
C10.1	S,WW,WoC,LiF	25,20 €	2010	- €	25,20 €	50,40 €	1,036500000000	26,12 €	52,24 €	10	0,1295045750	3 €	7 €
C10.2	S,WW,WoC,LiF	23,60 €	2010	- €	23,60 €	47,20 €	1,036500000000	24,46 €	48,92 €	10	0,1295045750	3 €	6 €
C10.3	S,WW,WoC,LiF	27,00 €	2010	- €	27,00 €	54,00 €	1,036500000000	27,99 €	55,97 €	10	0,1295045750	4 €	7 €
C10.4	S,WW,WoC,LiF	37,50 €	2010	- €	37,50 €	75,00 €	1,036500000000	38,87 €	77,74 €	10	0,1295045750	5 €	10 €
C11	S,WoW,WoC,WoCo	0,06 €	2011	- €	62,57 €	125,14 €	1	62,57 €	125,14 €	-	-	8 €	15,64 €

AVII.2 – CUSTO DE MANUTENÇÃO E CUSTO TOTAL DOS RECIPIENTES

TIPO	Acrónimo	CUSTO MANUTENÇÃO		CUSTO TOTAL = AQUISIÇÃO + MANUTENÇÃO		TOTAL (AQUIS+MANUT+LAV)	
		Custo Manutenção Unitário Recipiente (€/ano)	Custo Manutenção Ecoponto (€/ano)	Custo Recipiente (€/ano)	Custo TOTAL Ecoponto (€/ano)	Custo Ecoponto Lavagem (€/ano)	TOTAL com
C3'	S,I,WoC,C1R	2,41 €	7,23 €	58,48 €	175,43 €		s/inf
C3	S,I,WoC,C1R	2,38 €	7,15 €	57,77 €	173,32 €		s/inf
C3	S,I,WoC,C1R	2,37 €	7,10 €	57,40 €	172,20 €		s/inf
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	1,25 €		30,27 €	82,77 €		s/inf
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	1,02 €	3,41 €	24,64 €	- €		s/inf
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	1,03 €		25,05 €	- €		s/inf
C1.1	S,I,WoC,LiS	1,32 €	3,95 €	31,94 €	95,83 €		120,05 €
C1.2	S,I,WoC,LiS	3,86 €	11,59 €	93,70 €	281,09 €		305,31 €
C1.2	S,I,WoC,LiS	4,04 €	12,12 €	97,95 €	293,86 €		318,09 €
C1.4	S,I,WoC,LiS	4,86 €	14,57 €	117,83 €	353,49 €		377,71 €
C1.4	S,I,WoC,LiS	5,21 €	15,64 €	126,49 €	379,47 €		403,69 €
C1.3	S,I,WoC,LiS	4,34 €	13,01 €	105,18 €	315,53 €		339,75 €
C4	SU, WoC,EC,C1R	17,54 €		425,46 €	1.252,96 €		s/inf
C4	SU, WoC,EC,C1R	16,57 €	51,66 €	402,03 €	- €		s/inf
C5	U,WoC,EC,C1R	35,03 €	105,09 €	849,72 €	2.549,16 €		s/inf
C5'	U,WoC,EC,C1R	35,03 €	105,09 €	849,72 €	2.549,16 €		s/inf
C6	U,WoC,EC,CM	31,25 €	93,75 €	757,97 €	2.273,92 €		s/inf
C7	U,WoC, OPH,C1R	35,63 €	106,89 €	864,21 €	2.592,62 €		s/inf
C8	U,WoC,OPG,C2R	21,32 €		517,16 €	1.758,18 €		s/inf
C8	U,WoC,OPG,C2R	21,68 €	72,48 €	525,97 €	- €		s/inf
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	61,86 €	185,59 €	1.500,58 €	4.501,73 €		s/inf
C10.1	S,WW,WoC,LiF	0,15 €	0,29 €	3,53 €	7,06 €		s/inf
C10.2	S,WW,WoC,LiF	0,14 €	0,27 €	3,30 €	6,61 €		s/inf
C10.3	S,WW,WoC,LiF	0,16 €	0,31 €	3,78 €	7,56 €		s/inf
C10.4	S,WW,WoC,LiF	0,22 €	0,43 €	5,25 €	10,50 €		s/inf
C11	S,WoW,WoC,WoCo	0,34 €	- €	8,16 €	15,64 €		s/inf

Todos os valores são apresentados sem IVA

AVII.3 – CUSTO DE AQUISIÇÃO DE VIATURAS: ACTUALIZAÇÃO E AMORTIZAÇÃO

						ACTUALIZAÇÃO a 2011 (IPC, INE)		AMORTIZAÇÃO		
Loca	Matrícula	TIPC	Acrónimo	Custo TOTA	Data entreg	Factor de actualização (INE)	Custo Act. 2011	Tempo Vida útil (anos)	Coef. anuidade	Custo Anual (€/ano)
HPem	15-02-XV	V5	BCSC,CC,LI,LS	190.000,00 €	18/08/2004	1,155303458454	219.507,66 €	8	0,154721814	28.868,23 €
HPem	15-23-XV	V5	BCSC,CC,LI,LS	190.000,00 €	18/08/2004	1,155303458454	219.507,66 €	8	0,154721814	28.868,23 €
HPem	52-55-XT	V10	-	22.377,41 €	30/07/2004	1,155303458454	25.852,70 €	10	0,129504575	2.845,84 €
SUMA	36-03-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	125.000,00 €	2001	1,264714176946	158.089,27 €	10	0,129504575	17.402,29 €
SUMA	36-57-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	125.000,00 €	2001	1,264714176946	158.089,27 €	10	0,129504575	17.402,29 €
SUMA	73-HQ-12	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	180.000,00 €	2009	1,051011000000	189.181,98 €	8	0,154721814	24.879,99 €
SUMA	73-HQ-11	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	180.000,00 €	2009	1,051011000000	189.181,98 €	8	0,154721814	24.879,99 €
EMAC	51-DI-23	V1.1	BOSC,WoM,C1H/C2H,LNS	113.000,00 €	23/04/2007	1,069282857765	120.828,96 €	10	0,129504575	13.300,72 €
EMAC	90-AT-95	V7.1	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	87.320,77 €	31/10/2005	1,129549724731	98.633,15 €	8	0,154721814	12.971,60 €
EMAC	53-FS-41	V7.2	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	141.000,00 €	16/05/2008	1,042287608700	146.962,55 €	8	0,154721814	19.327,57 €
EMAC	53-FS-44	V7.2	BCSC, CI, C2H, LiAsF+LiAsB, LRe	141.000,00 €	16/05/2008	1,042287608700	146.962,55 €	8	0,154721814	19.327,57 €
CML	QT-36-44	V3.2	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	77.962,11 €	23/11/2002	1,220766580063	95.173,54 €	8	0,154721814	12.516,61 €
CML	83-22-HU	V3.1	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	94.721,72 €	23/11/2002	1,220766580063	115.633,11 €	8	0,154721814	15.207,32 €
CML	93-41-JP	V3.2	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	107.439,57 €	23/11/2002	1,220766580063	131.158,64 €	8	0,154721814	17.249,14 €
CML	81-06-JR	V3.2	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	107.439,57 €	23/11/2002	1,220766580063	131.158,64 €	8	0,154721814	17.249,14 €
CML	31-60-UI	V3.2	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	127.254,01 €	07/02/2003	1,182684150420	150.501,30 €	8	0,154721814	19.792,96 €
CML	29-40-VV	V3.2	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	123.766,26 €	19/05/2004	1,155303458454	142.987,59 €	8	0,154721814	18.804,80 €
CML	33-HD-53	V3.3	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	124.250,00 €	29/01/2009	1,051011000000	130.588,12 €	8	0,154721814	17.174,11 €
CML	33-HD-54	V3.3	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	124.250,00 €	29/01/2009	1,051011000000	130.588,12 €	8	0,154721814	17.174,11 €
CML	33-HD-55	V3.3	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	124.250,00 €	29/01/2009	1,051011000000	130.588,12 €	8	0,154721814	17.174,11 €
CML	05-IG-16	V3.3	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	173.000,00 €	15/10/2009	1,051011000000	181.824,90 €	8	0,154721814	23.912,44 €
CML	05-IG-17	V3.3	BCSC,CI,LIAsF+LIAsB,LRe	173.000,00 €	15/10/2009	1,051011000000	181.824,90 €	8	0,154721814	23.912,44 €
CML	79-20-XT	V4	BCSC,CI,LIAsF,LS	41.587,52 €	1996	1,220766580063	50.768,65 €	8	0,154721814	6.676,77 €
CML	81-GN-37	V2	BCSC,P,LIAsF,LRe	74.843,54 €	30/01/2009	1,129549724731	84.539,50 €	8	0,154721814	11.118,09 €

Todos os valores são apresentados sem IVA

AVII.4 – CUSTO DE MANUTENÇÃO E CUSTO TOTAL DAS VIATURAS

Loca	Matrícula	TIPC	Acrónimo	CUSTO MANUTENÇÃO		AQUIS + MANUT	TOTAL (AQUIS+MANUT+LAV)
				Mensal	Anual (€/ano)	Custo Anual (€/ano)	Custo Anual (€/ano)
HPEM	15-02-XV	V5	BCSC,CC,LiA,LS	1200	14.400,00 €	43.268,23 €	S/inf
HPEM	15-23-XV	V5	BCSC,CC,LiA,LS	1200	14.400,00 €	43.268,23 €	S/inf
HPEM	52-55-XT	V10	-	200	2.400,00 €	5.245,84 €	S/inf
SUMA	36-03-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	255	3.060,00 €	20.462,29 €	S/inf
SUMA	36-57-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	255	3.060,00 €	20.462,29 €	S/inf
SUMA	73-HQ-12	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	875	10.500,00 €	35.379,99 €	S/inf
SUMA	73-HQ-11	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	875	10.500,00 €	35.379,99 €	S/inf
EMAC	51-DI-23	V1.1	BOSC,WoM,C1H/C2H,LNS	315	3.780,00 €	17.080,72 €	S/inf
EMAC	90-AT-95	V7.1	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	875	10.500,00 €	23.471,60 €	S/inf
EMAC	53-FS-41	V7.2	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	875	10.500,00 €	29.827,57 €	S/inf
EMAC	53-FS-44	V7.2	BCSC, CI, C2H, LiAsF+LiAsB, LRe	875	10.500,00 €	29.827,57 €	56.911,75 €
CML	QT-36-44	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	21.816,61 €	48.900,79 €
CML	83-22-HU	V3.1	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	24.507,32 €	51.591,50 €
CML	93-41-JP	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	26.549,14 €	53.633,32 €
CML	81-06-JR	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	26.549,14 €	53.633,32 €
CML	31-60-UI	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	29.092,96 €	56.177,14 €
CML	29-40-VV	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	28.104,80 €	55.188,99 €
CML	33-HD-53	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	26.474,11 €	53.558,29 €
CML	33-HD-54	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	26.474,11 €	53.558,29 €
CML	33-HD-55	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	26.474,11 €	53.558,29 €
CML	05-IG-16	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	33.212,44 €	60.296,62 €
CML	05-IG-17	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	775	9.300,00 €	33.212,44 €	60.296,62 €
CML	79-20-XT	V4	BCSC,CI,LiAsF,LS	325	3.900,00 €	10.576,77 €	37.660,95 €
CML	81-GN-37	V2	BCSC,P,LiAsF,LRe	325	3.900,00 €	15.018,09 €	42.102,27 €

Todos os valores são apresentados sem IVA

AVII.5 - CUSTOS COM RECURSOS HUMANOS

AVII.5.1 - Determinação do custo/hora

Categoria	Município	Remuneração anual	Remuneração/mês	Remuneração/dia trabalho	Remuneração/hora trabalho	Observações
Cantoneiro	HPEM	15.354,35 €	1.395,85 €	63,45 €	9,06 €	Remunerações HPEM, 2012 * = Vbase + Hext. + Sub. Alim. + TSU + Seguro Saúde + Medicina trabalho + Fardamento; 22 dias/mês, 11 meses/ano, 7h/dia (35 horas semanais)
Motorista	HPEM	18.140,98 €	1.649,18 €	74,96 €	10,71 €	
Cantoneiro	EMAC	14.049,24 €	1.277,20 €	58,05 €	7,26 €	Remunerações EMAC, 2009 = Ordenado Base + Sub. Refeição + Encargos Entidade (S.Social) + 4% sobre ordenado (seguro saúde, vida, etc). Não inclui Hext., 22 dias/mês, 11 meses/ano, 8h/dia (40 horas semanais)
Motorista	EMAC	18.341,93 €	1.667,45 €	75,79 €	9,47 €	
Cantoneiro	CML	16.916,54 €	1.537,87 €	69,90 €	9,99 €	Remunerações CML, 2009 = Ordenado Base + Hext. + Sub. Refeição + Encargos Entidade (S.Social) + Subsídios (nocturno, insalubridade e penosidade) + sub férias + sub. Natal + Fardamento; 22 dias/mês, 11 meses/ano, 7h/dia (35 horas semanais).
Motorista	CML	23.505,02 €	2.136,82 €	97,13 €	13,88 €	

AVII.5.2 - Custos de recursos humanos médios, por categoria

Categoria (Município)	Média da Remuneração anual	Média da Remuneração/hora trabalho
Cantoneiro	15.440,04 €	8,77 €
CML	16.916,54 €	9,99 €
EMAC	14.049,24 €	7,26 €
HPEM	15.354,35 €	9,06 €
Motorista	19.995,98 €	11,35 €
CML	23.505,02 €	13,88 €
EMAC	18.341,93 €	9,47 €
HPEM	18.140,98 €	10,71 €

AVII.5.3 - Custos de recursos humanos médios, por tipologia de equipa

Equipa de 1 motorista e 2 cantoneiros			
Município	Custo/ano equipa	Custo/hora equipa	Custo/circuito (7h/circ.)
CML	57.338,10 €	33,85 €	236,93 €
EMAC	46.440,40 €	23,99 €	167,91 €
HPEM	48.849,68 €	28,84 €	201,86 €
Custo médio	50.876,06 €	28,89 €	202,24 €
Equipa de 1 motorista e 1 cantoneiro			
Município	Custo/ano equipa	Custo/hora equipa	Custo/circuito (7h/circ.)
CML	40.421,56 €	23,86 €	167,03 €
EMAC	32.391,16 €	16,73 €	117,12 €
HPEM	33.495,33 €	19,77 €	138,41 €
Custo médio	35.436,02 €	20,12 €	140,85 €
Equipa de 1 motorista			
Município	Custo/ano equipa	Custo/hora equipa	Custo/circuito (7h/circ.)
CML	23.505,02 €	13,88 €	97,13 €
EMAC	18.341,93 €	9,47 €	66,32 €
HPEM	18.140,98 €	10,71 €	74,96 €
Custo médio	19.995,98 €	11,35 €	79,47 €

AVII.6 – DADOS DE CONSUMO MÉDIO E CUSTO DE COMBUSTÍVEL

Sistema	Valência	Viaturas (1)				Gasóleo	GNC	Gasóleo (2)	GNC (2)
		Ref.	Matrícula	Cubicagem	Peso Bruto	Consumo (l/100km)	Consumo (m3/100km)	Custo (€/100km)	Custo (€/100km)
C8V1	V	V1	51-DI-23	15	19	51	-	61 €	-
C4V6	P/C	V1	46-74-UM	33	26	70	-	84 €	-
C3V1, C4V1	P/C, P/M, V	V1	59-35-XC	34	19	51	-	60 €	-
C0C3C4C5V1, C3V1, C4V1	P/C, P/M, V	V1	88-97-ZE	20	19	39	-	46 €	-
C6V1, C7V1	P/C, P/M, V	V1	36-03-SQ	25	26	46	-	54 €	-
C7V1	P/C, P/M, I	V1	36-57-SQ	25	26	52	-	61 €	-
C9V2	V	V2	81-GN-37	7	7.5	26	-	31 €	-
C10V3	P/M	V3	QT-36-44	15	19	39	-	47 €	-
C10V3	P/C, P/M	V3	83-22-HU	11	15	59	-	70 €	-
C10V3	P/C, P/M	V3	93-41-JP	15	19	58	-	68 €	-
C9V3	P/M	V3	81-06-JR	15	19	58	-	69 €	-
C10V3	P/C, P/M	V3	31-60-UI	15	19	52	-	61 €	-
C10V3	P/C	V3	29-40-VV	15	19	72	-	86 €	-
C9V3	P/M	V3	33-HD-53	16	19	-	68	-	57 €
C9V3	P/C	V3	33-HD-54	16	19	-	75	-	63 €
C10V3	P/M	V3	33-HD-55	16	19	-	96	-	81 €
C9V3	P/M	V3	05-IG-16	16	19	-	74	-	62 €
C9V3	P/C	V3	05-IG-17	16	19	-	69	-	58 €
C11V4	P/C, P/M	V4	79-20-XT	4.5	3.5	16	-	19 €	-
C1V5, C1C2V5	P/C, P/M, V	V5	15-02-XV	25	26	74	-	88 €	-
C1V5, C1C2V5	V	V5	15-23-XV	25	26	77	-	92 €	-
C1V5, C1C2V5	P/C, P/M, V	V5	01-GP-22	25	26	77	-	92 €	-
C1V5	P/C, P/M, V	V5	01-GP-23	25	26	76	-	91 €	-
C3V6	P/C, P/M	V6	33-FO-15	20	26	79	-	94 €	-
C6V6	P/C, P/M, V	V6	46-FT-64	20	26	68	-	80 €	-
C3V6, C6V6	P/C, V	V6	33-FO-16	20	26	84	-	100 €	-
C3V7	P/C	V7	83-76-QZ	15	19	66	-	79 €	-
C3V7	P/C, P/M	V7	90-AT-95	15	19	97	-	115 €	-
C8V7	P/C, P/M	V7	53-FS-41	16	19	72	-	86 €	-
C4V7	P/C	V7	73-HQ-12	20	26	63	-	74 €	-
C4V7	P/M, V	V7	73-HQ-11	20	26	70	-	83 €	-
C9V8	I	V8	IR-02-95	7	16	82	-	97 €	-
C1V9	P/C, V	V9	24-AJ-62	6.15	19	90	-	107 €	-

(1) Viaturas a Gás natural comprimido (GNC), a sombreado; (2) Custos relativos ao ano de 2011: 1,19 €/l de Gasóleo e 0,84 €/m3 de GNC.

AVII.7 – EXEMPLO DOS DADOS DE BASE TRABALHADOS PARA O INDICADOR ISO.12 – CIRCUITO 1, DE VIDRO (CASCAIS)

Vidro Circuito 1													
data	viatura	km iniciais	km finais	Peso (kg)	km totais	dia da semana	Periodicidad e (dias)	descartar (colocar "x")	Peso (kg)	descartar (colocar "x")	Quilom. (km)	INDICADOR ISO.12 (kg/km)	
08/10/2010	95	106628	106629	9340	1	5	6ªf	4		9340	x	118	
04/10/2010	95	106288	106356	8040	68	1	2ªf	5		8040			68
29/09/2010	95	105883	105961	9900	78	3	4ªf	2		9900			78
27/09/2010	95	105626	105728	12040	102	1	2ªf	4		12040			102
23/09/2010	95	105433	105494	6400	61	4	5ªf	3		6400		61	105
20/09/2010	95	105037	105121	11660	84	1	2ªf	3		11660		84	139
17/09/2010	95	104865	104946	6860	81	5	6ªf	1		6860		81	85
16/09/2010	95	104809	104865	8040	56	4	5ªf	5		8040		56	144
11/09/2010	95	104296	104357	8540	61	6	Sáb	5		8540		61	140
06/09/2010	95	103685	103772	12520	87	1	2ªf	4		12520		87	144
02/09/2010	95	10660	10665	8000	5	4	5ªf	6		8000	x		131
27/08/2010	95	102865	102952	11440	87	5	6ªf	1		11440		87	
26/08/2010	95	102823	102824	0	1	4	5ªf	129	x		x		
19/04/2010	95	91582	91602	0	20	1	2ªf	39	x			20	
11/03/2010	95	88416	88491	7480	75	4	5ªf	1		7480		75	100
10/03/2010	95	88357	88416	5100	59	3	4ªf	2		5100		59	86
08/03/2010	95	88160	88223	8580	63	1	2ªf	3		8580		63	136
05/03/2010	95	87856	88027	9300	171	5	6ªf	10		9300		171	54
23/02/2010	95	87061	87109	0	48	2	3ªf	20	x			48	117
03/02/2010	95	85593	85669	8880	76	3	4ªf	2		8880		76	
01/02/2010	95	85394	85465	8620	71	1	2ªf	2		8620		71	
30/01/2010	95	85334	85394	6760	60	6	Sáb	5		6760		60	
25/01/2010	95	84834	84907	7780	73	1	2ªf	12		7780		73	107
05/01/2010	95	83291	83360	16080	69	2	3ªf	1		16080		69	233
04/01/2010	95	83135	83183	0	48	1	2ªf	46	x			48	95
19/11/2009	95	79827	79885	5500	58	4	5ªf	10		5500		58	
09/11/2009	95	78897	78972	9020	75	1	2ªf	11		9020		75	
29/10/2009	95	78013	78076	8460	63	4	5ªf	3		8460		63	
26/10/2009	95	77831	77901	7220	70	1	2ªf	11		7220		70	103
13/10/2009	95	76807	76862	9160	55	2	3ªf	6		9160		55	167
07/10/2009	95	76138	76214	18280	76	3	4ªf	1		18280		76	241
06/10/2009	95	76138	76139	0	1	2	3ªf	15	x		x		136
11/09/2009	95	74019	74079	8140	60	5	6ªf	2		8140		60	

ANEXO AVIII - RESULTADOS

AVIII.1 – INDICADORES DE EQUIPAMENTO – RECIPIENTES: IRO.1, IRO.2 E IRO.3

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de resíduo	IRO.1 (m ²)	IRO.2 (cm ²)	IRO.3 (m)
C3'	S,I,WoC,C1R	P/C	1,5	1381	1,5
C3'	S,I,WoC,C1R	P/M	1,5	564	1,5
C3'	S,I,WoC,C1R	V	1,5	564	1,5
C3	S,I,WoC,C1R	P/C	1,5	1113	1,5
C3	S,I,WoC,C1R	P/M	1,5	686	1,5
C3	S,I,WoC,C1R	V	1,5	214	1,5
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	P/C	1,3	1784	1,2
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	P/M	1,4	491	1,3
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	V	1,4	201	1,3
C1.1	S,I,WoC,LiS	P/C	1,4	851	1,1
C1.1	S,I,WoC,LiS	P/M	1,4	616	1,1
C1.1	S,I,WoC,LiS	V	1,4	241	1,1
C1.2	S,I,WoC,LiS	P/C	2,4	1562	1,5
C1.2	S,I,WoC,LiS	P/M	2,4	616	1,5
C1.2	S,I,WoC,LiS	V	2,4	415	1,5
C1.3	S,I,WoC,LiS	P/C	2,3	4662	1,4
C1.3	S,I,WoC,LiS	P/M	2,3	531	1,4
C1.3	S,I,WoC,LiS	V	2,3	531	1,4
C1.4	S,I,WoC,LiS	P/C	2,7	2496	1,4
C1.4	S,I,WoC,LiS	P/M	2,7	616	1,4
C1.4	S,I,WoC,LiS	V	2,7	415	1,4
C4	SU, WoC,EC,C1R	P/C	2,3	1288	1,0
C4	SU, WoC,EC,C1R	P/M	2,3	471	1,0
C4	SU, WoC,EC,C1R	V	1,4	299	1,0
C5	U,WoC,EC,C1R	P/C	0,3	534	0,6
C5	U,WoC,EC,C1R	P/M	0,3	505	0,8
C5	U,WoC,EC,C1R	V	0,3	214	0,8
C6	U,WoC,EC,CM	P/C	0,5	635	0,9
C6	U,WoC,EC,CM	P/M	0,5	491	0,9
C6	U,WoC,EC,CM	V	0,5	177	0,9
C7	U,WoC, OPH,C1R	P/C	0,4	2456	0,7
C7	U,WoC, OPH,C1R	P/M	0,4	2456	0,7
C7	U,WoC, OPH,C1R	V	0,4	2456	0,7
C8	U,WoC,OPG,C2R	P/C	0,5	1886	0,9
C8	U,WoC,OPG,C2R	P/M	0,2	1886	0,9
C8	U,WoC,OPG,C2R	V	0,2	254	0,9
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	P/C	0,4	2456	0,7
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	P/M	0,4	2456	0,7
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	V	0,4	2456	0,7
C10.1	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,3	1681	0,8
C10.1	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,3	1681	0,8
C10.2	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,3	1681	0,9
C10.2	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,3	1681	0,9
C10.3	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,4	2981	1,0
C10.3	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,4	2981	1,0
C10.4	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,5	4015	1,0
C10.4	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,5	4015	1,0
C11	S,WoW,WoC,WoCo	P/C	0,0	-	-
C11	S,WoW,WoC,WoCo	P/M	0,0	-	-

AVIII.2 – INDICADORES DE EQUIPAMENTO – RECIPIENTES: IRO.4, IRO.5 E IRO.6

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de Resíduo	IRO.4 (m ³)	IRO.5 (%)	IRO.6 (m ³ /m ²)
C3'	S,I,WoC,C1R	P/C	2,1	19%	1,44
C3'	S,I,WoC,C1R	P/M	2,1	19%	1,44
C3'	S,I,WoC,C1R	V	2,1	19%	1,44
C3	S,I,WoC,C1R	P/C	2,1	17%	1,41
C3	S,I,WoC,C1R	P/M	2,1	17%	1,41
C3	S,I,WoC,C1R	V	2,1	17%	1,41
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	P/C	1,1	0%	0,82
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	P/M	1,1	0%	0,81
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	V	1,1	0%	0,81
C1.1	S,I,WoC,LiS	P/C	1,0	0%	0,73
C1.1	S,I,WoC,LiS	P/M	1,0	0%	0,73
C1.1	S,I,WoC,LiS	V	1,0	0%	0,73
C1.2	S,I,WoC,LiS	P/C	2,1	11%	0,89
C1.2	S,I,WoC,LiS	P/M	2,1	11%	0,89
C1.2	S,I,WoC,LiS	V	2,1	11%	0,89
C1.3	S,I,WoC,LiS	P/C	2,7	15%	1,21
C1.3	S,I,WoC,LiS	P/M	2,7	15%	1,21
C1.3	S,I,WoC,LiS	V	2,7	15%	1,21
C1.4	S,I,WoC,LiS	P/C	2,6	20%	0,96
C1.4	S,I,WoC,LiS	P/M	2,6	20%	0,96
C1.4	S,I,WoC,LiS	V	2,6	20%	0,96
C4	SU, WoC,EC,C1R	P/C	5,0	0%	2,15
C4	SU, WoC,EC,C1R	P/M	5,0	0%	2,15
C4	SU, WoC,EC,C1R	V	3,0	0%	2,19
C5	U,WoC,EC,C1R	P/C	3,0	0%	8,94
C5	U,WoC,EC,C1R	P/M	3,0	0%	8,94
C5	U,WoC,EC,C1R	V	3,0	0%	8,94
C6	U,WoC,EC,CM	P/C	5,0	0%	10,13
C6	U,WoC,EC,CM	P/M	5,0	0%	10,13
C6	U,WoC,EC,CM	V	3,0	0%	6,08
C7	U,WoC, OPH,C1R	P/C	5,0	0%	13,69
C7	U,WoC, OPH,C1R	P/M	5,0	0%	13,69
C7	U,WoC, OPH,C1R	V	5,0	0%	13,69
C8	U,WoC,OPG,C2R	P/C	5,0	0%	10,07
C8	U,WoC,OPG,C2R	P/M	5,0	0%	25,98
C8	U,WoC,OPG,C2R	V	3,0	0%	15,59
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	P/C	4,0	0%	10,95
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	P/M	4,0	0%	10,95
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	V	4,0	0%	10,95
C10.1	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,1	0%	0,34
C10.1	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,1	0%	0,34
C10.2	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,1	0%	0,45
C10.2	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,1	0%	0,45
C10.3	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,2	0%	0,57
C10.3	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,2	0%	0,57
C10.4	S,WW,WoC,LiF	P/C	0,4	0%	0,68
C10.4	S,WW,WoC,LiF	P/M	0,4	0%	0,68
C11	S,WoW,WoC,WoCo	P/C	0,0	0%	N/A
C11	S,WoW,WoC,WoCo	P/M	0,0	0%	N/A

P/C – Papel/cartão; P/M – Plástico/metálico; V - Vidro

AVIII.3 – INDICADORES DE EQUIPAMENTO – VIATURAS: IOV.1, IOV.2, IOV.3, IOV.4, IOV.5, IOV.6, IOV.7, IOV.8, IOV.9

Ref.	Acrónimo	Matricula	IOV.1 (m³)	IOV.2 (t)	IOV.3 (m)	IOV.4 (t)	IOV.5 (t)	IOV.6 (m)	IOV.7 (m)	IOV.8 (m)	IOV.9 (m)
V3.2	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	QT-36-44	15,0	7,0	-	-	-	2,5	6,6	3,4	s/inf
V3.1	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	83-22-HU	11,0	4,8	-	-	-	2,5	6,0	3,5	s/inf
V3.2	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	93-41-JP	15,0	7,0	-	-	-	2,5	7,3	3,4	s/inf
V3.2	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	81-06-JR	15,0	7,0	-	-	-	2,5	7,3	3,4	s/inf
V3.2	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	31-60-UI	15,0	6,7	-	-	-	2,5	7,6	3,3	s/inf
V3.2	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	29-40-VV	15,0	7,2	-	-	-	2,6	7,9	3,4	s/inf
V3.3	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	33-HD-53	16,0	5,9	-	-	-	2,6	s/inf	4,0	s/inf
V3.3	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	33-HD-54	16,0	5,9	-	-	-	2,6	s/inf	4,0	s/inf
V3.3	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	33-HD-55	16,0	5,8	-	-	-	2,6	s/inf	4,0	s/inf
V3.3	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	05-IG-16	16,0	5,8	-	-	-	2,6	s/inf	4,0	s/inf
V3.3	BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	05-IG-17	16,0	5,8	-	-	-	2,6	s/inf	4,0	s/inf
V4	BCSC, CI, LiAsF, LS	79-20-XT	4,5	0,5	-	-	-	1,8	5,5	2,3	3,5
V2	BCSC, P, LiAsF, LRe	81-GN-37	7,0	5,0	-	-	-	2,0	5,8	2,0	2,8
V8	-	IR-02-95	7,0	s/inf	-	-	-	2,3	11,4	3,5	s/inf
V1.1	BOSC, WoM, C1H/C2H, LNS	51-DI-23	15,0	13,1	7,8	3,3	1,1	2,5	s/inf	4,0	11,5
V7.1	BCSC, CI, C1H,	83-76-QZ	15,0	6,9	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	4,0	10,0
V7.1	BCSC, CI, C1H,	90-AT-95	15,0	6,0	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	4,0	10,0
V7.2	BCSC, CI, C1H,	53-FS-41	15,7	7,0	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	3,7	10,0
V7.2	BCSC, CI, C2H,	53-FS-44	15,7	7,0	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	3,7	10,0
V1.4	BOSC, WoM, C1H, LNS	46-74-UM	33,0	12,7	11,0	4,3	0,8	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
V6	BCSC, CI, C1H, LNS	33-FO-15	20,0	18,2	15,0	5,0	0,7	2,5	7,9	s/inf	s/inf
V6	BCSC, CI, CD, LNS	46-FT-64	20,0	18,2	15,0	5,0	0,7	2,5	7,9	s/inf	s/inf
V6	BCSC, CI, C1H/CD, LNS	33-FO-16	20,0	18,2	15,0	5,0	0,7	2,5	7,9	s/inf	s/inf
V1.5	BOSC, WoM, C1H, LNS	59-35-XC	34,0	7,8	11,0	4,3	0,8	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
V1.2	BOSC, WoM, C1H, LNS	88-97-ZE	20,0	8,9	11,0	4,3	0,8	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
V5	BCSC, CC, LiA, LS	15-02-XV	24,6	10,9	-	-	-	2,5	8,1	3,9	s/inf
V5	BCSC, CC, LiA, LS	15-23-XV	24,6	10,9	-	-	-	2,5	8,1	3,9	s/inf
V5	BCSC, CC, LiA, LS	01-GP-22	24,6	10,6	-	-	-	2,5	8,1	3,9	s/inf
V5	BCSC, CC, LiA, LS	01-GP-23	24,6	10,6	-	-	-	2,5	8,1	3,9	s/inf
V9	-	24-AJ-62	4,9	6,0	-	-	-	s/inf	s/inf	s/inf	s/inf
V1.3	BOSC, WoM, C1H/CD, LNS	36-03-SQ	25,0	14,9	10,3	5,7	1,0	2,5	s/inf	3,0	14,0
V1.3	BOSC, WoM, C1H/CD, LNS	36-57-SQ	25,0	14,9	10,3	5,7	1,0	2,5	s/inf	3,0	14,0
V7.3	BCSC, CI, C1H,	73-HQ-12	20,0	11,7	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	4,0	10,0
V7.3	BCSC, CI, C1H,	73-HQ-11	20,0	11,7	5,2	5,2	1,1	2,5	s/inf	4,0	10,0

AVIII.4 – INDICADORES DE EQUIPAMENTO FINANCEIROS – RECIPIENTES: IRF.1, IRF.2 E IRF.3

TIPO	Acrónimo	Fluxo Resíduo	Cap. unitária (m3)	Cap ecoponto (m3)	IRF.1	Custo ECOPONTO (€/m³)	IRF.2	IRF.3
					Custo RECIPIENTE (€/m³)		Custo Manut Recip (€/m3)	Custo Total Recip (€/m3)
C3'	S,I,WoC,C1R	todas	2,13	6,39	26,32		1,13	
C3	S,I,WoC,C1R	todas	2,05	6,15	26,86	26,6	1,16	27,5
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	todas	1,10	3,30	26,38		1,13	
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	P/M	1,10	3,30	21,47		0,92	
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	V	1,10	3,30	21,83	24,0	0,94	27,5
C1.1	S,I,WoC,LiS	todas	1,00	3,00	30,62	30,6	1,32	31,9
C1.2	S,I,WoC,LiS	todas	2,14	6,41	42,04	43,0	1,81	43,8
C1.2	S,I,WoC,LiS	todas	2,14	6,41	43,95	43,9	1,89	45,8
C1.4	S,I,WoC,LiS	todas	2,55	7,66	44,25	45,9	1,90	46,2
C1.4	S,I,WoC,LiS	todas	2,55	7,66	47,50	47,5	2,04	49,5
C1.3	S,I,WoC,LiS	todas	2,73	8,19	36,94	36,9	1,59	38,5
C4	SU, WoC,EC,C1R	todas	5,00		81,58		3,51	
C4	SU, WoC,EC,C1R	V	3,00	13,00	128,48	92,4	5,52	85,1
C5	U,WoC,EC,C1R	todas	3,00	9,00	271,56	271,6	11,68	283,2
C5'	U,WoC,EC,C1R	todas	3,00	9,00	271,56	271,6	11,68	283,2
C6	U,WoC,EC,CM	P/C, P/M	5,00	13,00	145,34	167,7	6,25	151,6
C7	U,WoC, OPH,C1R	todas	5,00	15,00	165,72	165,7	7,13	172,8
C8	U,WoC,OPG,C2R	todas	5,00		99,17		4,26	
C8	U,WoC,OPG,C2R	V, 3m3	3,00	13,00	168,10	129,7	7,23	103,4
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	todas	4,00		359,68		15,47	
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	P/M	4,00		359,68		15,47	
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	V	4,00	12,00	359,68	359,7	15,47	375,1
C10.1	S,WW,WoC,LiF	P/C, P/M	0,09	0,18	37,58	37,6	1,62	39,2
C10.2	S,WW,WoC,LiF	P/C, P/M	0,12	0,24	26,40	26,4	1,14	27,5
C10.3	S,WW,WoC,LiF	P/C, P/M	0,24	0,48	15,10	15,1	0,65	15,8
C10.4	S,WW,WoC,LiF	P/C, P/M	0,36	0,72	13,98	14,0	0,60	14,6
C11	S,WoW,WoC,WoCo	P/C, P/M	0,03	0,06	260,71	260,7	-	260,7

Todos os valores são apresentados sem IVA

AVIII.5 – INDICADORES DE EQUIPAMENTO FINANCEIROS – VIATURAS: IVF.1, IVF.2 E IVF.3

Matrícula	Ref. ^a	Acrónimo	Cap. (m ³)	IVF.1 (€.ano/m3)	IVF.2 (€.ano/m3)	IVF.3 (€.ano/m3)
15-02-XV	V5	BCSC,CC,LiA,LS	24,6	1.174 €	585 €	1.759 €
15-23-XV	V5	BCSC,CC,LiA,LS	24,6	1.174 €	585 €	1.759 €
36-03-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	25	696 €	122 €	818 €
36-57-SQ	V1.3	BOSC,WoM,C1H/CD,LNS	25	696 €	122 €	818 €
73-HQ-12	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	20	1.244 €	525 €	1.769 €
73-HQ-11	V7.3	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	20	1.244 €	525 €	1.769 €
51-DI-23	V1.1	BOSC,WoM,C1H/C2H,LNS	15	887 €	252 €	1.139 €
90-AT-95	V7.1	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	15	865 €	700 €	1.565 €
53-FS-41	V7.2	BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	15,7	1.232 €	669 €	1.901 €
53-FS-44	V7.2	BCSC, CI, C2H, LiAsF+LiAsB, LRe	15,7	1.232 €	669 €	1.901 €
QT-36-44	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	15	834 €	620 €	1.454 €
83-22-HU	V3.1	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	11	1.382 €	845 €	2.228 €
93-41-JP	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	15	1.150 €	620 €	1.770 €
81-06-JR	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	15	1.150 €	620 €	1.770 €
31-60-UI	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	15	1.320 €	620 €	1.940 €
29-40-VV	V3.2	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	15	1.254 €	620 €	1.874 €
33-HD-53	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	16	1.073 €	581 €	1.655 €
33-HD-54	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	16	1.073 €	581 €	1.655 €
33-HD-55	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	16	1.073 €	581 €	1.655 €
05-IG-16	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	16	1.495 €	581 €	2.076 €
05-IG-17	V3.3	BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	16	1.495 €	581 €	2.076 €
79-20-XT	V4	BCSC,CI,LiAsF,LS	4,5	1.484 €	867 €	2.350 €
81-GN-37	V2	BCSC,P,LiAsF,LRe	7	1.588 €	557 €	2.145 €

Todos os valores são apresentados sem IVA

AVIII.6 – ANÁLISE DOS PESOS PERCENTUAIS DAS FASES DOS CIRCUITOS (1 E 2 VOLTAS)

AVIII.6.1 – Distâncias

1 VOLTA

Fases Operacionais	Sistema							Média (km)
	C0,C3,C4, C5V1	C1V5	C3V1	C3V6	C3V7	C4V7	C6V6	
De e para Parque (d1+d2)	21,3	19,9	21,8	25,2	9,9	8,7	24,8	18,8
Deposição (Dd)	0,5	0,7	0,6	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6
Não Produtivo (Dnp)	0,0	0,0	3,0	1,3		0,0	0,8	0,9
Recolha Efectivo (Dre)	33,6	52,0	39,4	32,7	45,3	17,4	11,7	33,2
Transporte (Dt)	4,0	13,0	11,3	3,6	1,2	9,4	9,4	7,4
TOTAL	59,4	85,6	76,1	63,5	56,9	36,1	47,3	60,7

PESOS %

Fases Operacionais	Sistema							Média (%)
	C0,C3,C4, C5V1	C1V5	C3V1	C3V6	C3V7	C4V7	C6V6	
De e para Parque (d1+d2)	36%	23%	29%	40%	17%	24%	52%	32%
Deposição (Dd)	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%
Não Produtivo (Dnp)	0%	0%	4%	2%	0%	0%	2%	1%
Recolha Efectivo (Dre)	57%	61%	52%	52%	80%	48%	25%	53%
Transporte (Dt)	7%	15%	15%	6%	2%	26%	20%	13%

2 VOLTAS

Fases Operacionais	Sistema							Média (km)
	C10V3	C11V4	C3,C5,C7V	C3V1	C6V6	C9V2	C9V3	
De e para Parque (d1+d2)	22,8	22,4	20,0	21,8	24,8	21,3	41,5	24,9
Deposição (Dd t)	0,6	0,0	1,7	1,0	0,8	0,0	0,0	0,6
Não Produtivo (Dnp)	0,0	0,0	0,0	3,0	0,8	0,0	0,0	0,5
Recolha Efectivo (Dre)	18,9	8,6	34,9	39,4	11,7	30,3	52,3	28,0
Transporte (Dt t)	22,6	44,1	23,1	25,9	36,1	25,7	15,0	27,5
TOTAL	64,9	75,1	79,6	91,1	74,1	77,3	108,8	81,6

PESOS %

Fases Operacionais	Sistema							Média (%)
	C10V3	C11V4	C3,C5,C7V	C3V1	C6V6	C9V2	C9V3	
De e para Parque (d1+d2)	35%	30%	25%	24%	33%	28%	38%	30%
Deposição (Dd)	1%	0%	2%	1%	1%	0%	0%	1%
Não Produtivo (Dnp)	0%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	1%
Recolha Efectivo (Dre)	29%	11%	44%	43%	16%	39%	48%	33%
Transporte (Dt)	35%	59%	29%	28%	49%	33%	14%	35%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

AVIII.6.2 – Tempos

1 VOLTA

Fases Operacionais	Sistema									Média (h)
	C0,C3,C4, C5V1	C0,C3,C5V1	C1V5	C3V1	C3V6	C3V7	C4V1	C4V7	C6V6	
De e para Parque (t1+t2)	34	71	30	31	48	16	37	14	34	1
Deposição (Td)	9	10	10	9	10	11	9	11	8	0
Não Produtivo (Tnp)	59	53	64	95	74	69	20	53	80	1
Recolha Efectivo (Tre)	243	247	269	193	257	284	83	221	107	4
Transporte (Tt)	10	12	20	28	16	5	16	17	13	0
TOTAL	355	393	392	356	404	385	166	316	242	

PESOS %

Fases Operacionais	Sistema									Média (%)
	C0,C3,C4, C5V1	C0,C3,C5V1	C1V5	C3V1	C3V6	C3V7	C4V1	C4V7	C6V6	
De e para Parque (t1+t2)	10%	18%	8%	9%	12%	4%	22%	4%	14%	11%
Deposição (Td)	3%	3%	3%	3%	2%	3%	6%	3%	3%	3%
Não Produtivo (Tnp)	17%	13%	16%	27%	18%	18%	12%	17%	33%	19%
Recolha Efectivo (Tre)	68%	63%	68%	54%	64%	74%	50%	70%	44%	62%
Transporte (Tt)	3%	3%	5%	8%	4%	1%	10%	5%	5%	5%

2 VOLTAS

Fases Operacionais	Sistema							Média (h)
	C3,C5,C7V1	C3V1	C6V6	C9V2	C9V3	C10V3	C11V4	
De e para Parque (t1+t2)	23	31	34	44	56	42	40	1
Deposição (Td t)	17	14	18	12	12	9	21	0
Não Produtivo (Tnp)	79	95	80	40	55	61	57	1
Recolha Efectivo (Tre)	211	193	107	156	297	237	129	3
Transporte (Tt t)	40	27	49	52	31	42	81	1
TOTAL	370	360	288	303	450	390	328	

PESOS %

Fases Operacionais	Sistema							Média (%)
	C3,C5,C7V1	C3V1	C6V6	C9V2	C9V3	C10V3	C11V4	
De e para Parque (t1+t2)	6%	9%	12%	15%	12%	11%	12%	11%
Deposição (Td)	4%	4%	6%	4%	3%	2%	6%	4%
Não Produtivo (Tnp)	21%	26%	28%	13%	12%	16%	17%	20%
Recolha Efectivo (Tre)	57%	53%	37%	51%	66%	61%	39%	53%
Transporte (Tt)	11%	7%	17%	17%	7%	11%	25%	12%

ANEXO AIX: ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

AIX.1 – INDICADORES DE SERVIÇO OPERACIONAIS – RECIPIENTES

Tabela AIX.1.2 – Análise estatística do Indicador ISO.1 – Peso total máximo do recipiente (kg)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	DesvP Relativo	Erro padrão da média	Mínimo	Máximo	Gama	Dim. da amostra (n)
C1.1	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	91	89	17	18%	5	72	121	49	12
C1.2	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	232	221	78	34%	18	168	478	310	19
C1.3	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	308	308	20	6%	5	274	338	64	16
C1.4	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	236	229	20	9%	7	213	270	57	9
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Papel/Cartão	334	312	47	14%	21	282	385	103	5
C3'	S,I,WoC,C1R	Papel/Cartão	243	239	34	14%	7	182	304	122	22
C3	S,I,WoC,C1R	Papel/Cartão	215	210	33	15%	8	188	323	136	15
C4	SU, WoC,EC,C1R	Papel/Cartão	247	247	41	17%	11	185	354	169	15
C5'	U,WoC,EC,C1R	Papel/Cartão	1080	986	209	19%	85	945	1495	550	6
C6	U,WoC,EC,CM	Papel/Cartão	891	896	41	5%	9	794	963	169	23
C7	U,WoC, OPH,C1R	Papel/Cartão	485	416	70	14%	22	376	595	219	10
C8	U,WoC,OPG,C2R	Papel/Cartão	339	345	66	20%	17	240	430	190	15
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Papel/Cartão	104	98	26	25%	5	78	203	125	28
C10.1	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	17	15	8	47%	3	11	38	27	9
C10.2	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	20	18	6	31%	1	13	37	24	31
C10.3	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	34	29	12	35%	3	22	60	38	17
C10.4	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	45	47	5	12%	2	35	50	15	7
C11	S,WoW,WoC,WoCo	Papel/Cartão	2	2	1	55%	0	1	6	5	24

(continua)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	DesvP Relativo	Erro padrão da média	Mínimo	Máximo	Gama	Dim. da amostra (n)
C1.1	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	76	74	12	16%	3	68	114	46	13
C1.2	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	183	185	8	4%	3	168	196	28	10
C1.3	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	287	282	19	6%	6	275	334	59	9
C1.4	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	198	202	8	4%	3	188	206	18	9
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Plástico/Metal	270	258	68	25%	34	202	361	159	4
C3'	S,I,WoC,C1R	Plástico/Metal	179	180	10	5%	2	161	200	39	27
C3	S,I,WoC,C1R	Plástico/Metal	190	194	7	4%	2	178	196	19	8
C4	SU, WoC,EC,C1R	Plástico/Metal	154	152	28	18%	7	89	190	101	17
C5'	U,WoC,EC,C1R	Plástico/Metal	955	962	37	4%	17	900	995	95	5
C6	U,WoC,EC,CM	Plástico/Metal	863	858	42	5%	9	790	956	166	24
C7	U,WoC, OPH,C1R	Plástico/Metal	447	424	64	14%	15	357	562	205	19
C8	U,WoC,OPG,C2R	Plástico/Metal	303	306	15	5%	5	277	323	46	10
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Plástico/Metal	101	102	7	7%	2	91	114	23	11
C10.1	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	12	13	2	13%	1	10	16	7	11
C10.2	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	16	15	2	13%	1	14	20	6	9
C10.3	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	20	20	1	6%	0	18	22	4	7
C10.4	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	33	33	2	7%	1	28	35	7	6
C11	S,WoW,WoC,WoCo	Plástico/Metal	1	1	0	31%	0	1	2	1	26
C1.1	S,I,WoC,LiS	Vidro	346	338	52	15%	18	259	416	157	8
C1.2	S,I,WoC,LiS	Vidro	716	708	99	14%	44	611	824	213	5
C1.3	S,I,WoC,LiS	Vidro	1065	1037	176	17%	79	829	1251	422	5
C1.4	S,I,WoC,LiS	Vidro	895	908	50	6%	23	820	948	128	5
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Vidro	848	812	89	10%	51	782	949	167	3
C3'	S,I,WoC,C1R	Vidro	562	561	33	6%	9	518	629	111	14
C3	S,I,WoC,C1R	Vidro	664	673	18	3%	8	640	683	43	5
C4	SU, WoC,EC,C1R	Vidro	792	878	148	19%	49	583	987	403	9
C5'	U,WoC,EC,C1R	Vidro	1510	1011	108	7%	62	1415	1627	212	3
C6	U,WoC,EC,CM	Vidro	1587	1571	147	9%	46	1404	1771	367	10
C7	U,WoC, OPH,C1R	Vidro	1770	1809	172	10%	57	1496	1974	478	9
C8	U,WoC,OPG,C2R	Vidro	787	823	135	17%	55	538	915	377	6
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Vidro	291	296	26	9%	11	258	317	59	6

Tabela AIX.1.3 – Análise estatística do Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos no recipiente (kg/m³)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de Resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	DesvP Relativo	Erro padrão da média	Mínimo	Máximo	Gama	Dim. da amostra (n)
C6	U,WoC,EC,CM	Papel/Cartão	26	28	7,9	31%	1,7	10	40	30	23
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Papel/Cartão	28	47	11,9	42%	5,3	15	41	26	5
C1.4	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	31	27	7,9	26%	2,6	22	44	22	9
C1.3	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	32	32	7,2	23%	1,8	19	43	23	16
C8	U,WoC,OPG,C2R	Papel/Cartão	32	47	13,3	41%	3,4	12	50	38	15
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Papel/Cartão	35	28	23,8	68%	4,5	12	125	113	28
C3	S,I,WoC,C1R	Papel/Cartão	36	33	16,0	45%	4,1	22	89	67	15
C4	SU, WoC,EC,C1R	Papel/Cartão	36	36	8,2	23%	2,1	24	58	34	15
C1.1	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	42	47	16,6	39%	4,8	23	72	49	12
C3'	S,I,WoC,C1R	Papel/Cartão	44	41	16,0	36%	3,4	16	73	57	22
C5	U,WoC,EC,C1R	Papel/Cartão	46	32	51,6	111%	15,6	13	195	182	11
C7	U,WoC, OPH,C1R	Papel/Cartão	49	33	14,0	29%	4,4	27	71	44	10
C1.2	S,I,WoC,LiS	Papel/Cartão	50	28	36,6	73%	8,4	20	165	145	19
C10.2	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	75	52	50,1	67%	9,0	19	219	200	31
C11	S,WoW,WoC,WoCo	Papel/Cartão	79	65	43,5	55%	8,9	28	183	155	24
C10.4	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	81	86	15,0	18%	5,7	53	95	42	7
C10.3	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	88	69	49,8	57%	12,1	37	197	160	17
C10.1	S,WW,WoC,LiF	Papel/Cartão	92	43	91,0	99%	30,3	23	326	302	9
C3'	S,I,WoC,C1R	Plástico/Metal	18	19	4,5	25%	0,9	9	28	18	27
C1.4	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	18	20	3,0	16%	1,0	15	22	7	9
C4	SU, WoC,EC,C1R	Plástico/Metal	19	21	2,9	15%	0,7	15	25	9	15
C6	U,WoC,EC,CM	Plástico/Metal	22	23	7,9	36%	1,6	7	40	33	24
C5	U,WoC,EC,C1R	Plástico/Metal	23	27	8,6	37%	2,6	12	39	27	11
C8	U,WoC,OPG,C2R	Plástico/Metal	25	30	3,0	12%	0,9	20	29	9	10
C3	S,I,WoC,C1R	Plástico/Metal	25	26	3,6	15%	1,3	19	29	10	8

(continua)

Tabela AV.3.1.2 – Análise estatística do Indicador ISO.3 – Peso específico dos resíduos no recipiente (cont.)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo de Resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	DesvP Relativo	Erro padrão da média	Mínimo	Máximo	Gama	Dim. Amostra (n)
C1.3	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	25	21	6,8	27%	2,3	21	43	22	9
C1.1	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	27	28	11,8	44%	3,3	19	65	46	13
C1.2	S,I,WoC,LiS	Plástico/Metal	28	24	3,8	14%	1,2	21	34	13	10
C10.3	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	33	34	5,1	15%	1,9	25	41	16	7
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Plástico/Metal	33	32	6,7	20%	2,0	24	45	21	11
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Plástico/Metal	36	22	17,0	47%	8,5	19	59	40	4
C7	U,WoC, OPH,C1R	Plástico/Metal	38	33	12,9	34%	3,0	20	61	41	19
C11	S,WoW,WoC,WoCo	Plástico/Metal	39	40	12,0	31%	2,4	23	69	46	26
C10.4	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	40	42	12,1	30%	4,9	20	53	33	6
C10.2	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	43	35	17,3	41%	5,8	27	75	48	9
C10.1	S,WW,WoC,LiF	Plástico/Metal	44	41	18,4	42%	5,5	17	89	72	11
C2	U, WoC, OEPEH, LiS	Vidro	180	323	22,1	12%	12,7	164	205	41	3
C3'	S,I,WoC,C1R	Vidro	198	187	15,6	8%	4,2	178	230	52	14
C5	U,WoC,EC,C1R	Vidro	203	245	46,6	23%	19,0	148	267	118	6
C9	S,WW,WoC,LiF+LiS	Vidro	206	292	23,4	11%	9,6	176	230	53	6
C8	U,WoC,OPG,C2R	Vidro	214	225	44,9	21%	18,3	131	257	126	6
C4	SU, WoC,EC,C1R	Vidro	245	262	49,4	20%	16,5	175	310	135	9
C3	S,I,WoC,C1R	Vidro	254	257	7,9	3%	3,6	244	262	18	5
C1.2	S,I,WoC,LiS	Vidro	278	300	46,1	17%	20,6	229	328	100	5
C6	U,WoC,EC,CM	Vidro	278	287	42,0	15%	13,3	227	339	112	10
C1.4	S,I,WoC,LiS	Vidro	293	196	19,3	7%	8,6	265	314	49	5
C1.1	S,I,WoC,LiS	Vidro	295	289	52,3	18%	18,5	208	365	158	8
C7	U,WoC, OPH,C1R	Vidro	308	315	34,5	11%	11,5	253	348	96	9
C1.3	S,I,WoC,LiS	Vidro	310	225	64,7	21%	28,9	223	378	155	5

AIX.2 – INDICADORES DE SERVIÇO OPERACIONAIS - SISTEMA

Tabela AIX.2.1 – Análise estatística do Indicador ISO.4 – Tempo de recolha unitário do recipiente (min)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Desvio P. Relativo	Erro padrão média	Mín.	Máx.	Gama	Dim. (n)
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	1,86	1,62	0,44	24%	0,25	1,60	2,37	0,77	3
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	2,37	2,21	0,66	28%	0,08	1,50	4,12	2,62	66
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	2,71	2,50	0,85	31%	0,10	1,22	5,30	4,08	79
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	1,77	1,71	0,37	21%	0,03	1,17	4,78	3,62	208
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	4,49	4,34	0,97	22%	0,28	2,77	5,98	3,22	12
C4V6	SU, WoC,EC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	4,08	4,08	0,52	13%	0,23	3,62	4,92	1,30	5
C4V7	SU, WoC,EC,C1R- BCSC, CI,C1H,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	5,45	5,51	0,58	11%	0,08	4,25	7,12	2,87	50
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	4,93	4,93	-	0%	0,00	4,93	4,93	0,00	1
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	P/C	3,79	3,54	0,91	24%	0,26	3,00	6,47	3,47	12
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	P/C	3,52	3,22	0,77	22%	0,13	2,67	6,25	3,58	33
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	5,16	5,13	1,33	26%	0,29	3,50	7,60	4,10	21
C8V7	U,WoC,OPG,C2R- BCSC,CI,C2H, LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	4,49	4,33	0,95	21%	0,17	3,17	7,67	4,50	33
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,81	0,73	0,27	33%	0,02	0,38	1,95	1,57	303
C10.1V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,52	1,28	0,49	94%	0,09	0,20	2,50	2,30	28
C10.2V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,31	1,31	0,15	49%	0,00	0,11	1,95	1,84	956
C10.3V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,42	1,31	0,50	121%	0,02	0,15	8,35	8,20	532
C10.4V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,59	1,29	0,46	77%	0,08	0,25	2,67	2,42	31
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/C	0,17	0,13	0,14	84%	0,02	0,04	0,66	0,62	49
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	0,85	1,28	0,11	12%	0,01	0,70	1,50	0,80	126
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	0,82	1,28	0,20	24%	0,02	0,65	3,03	2,38	164
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	0,75	1,28	0,08	10%	0,01	0,65	0,97	0,32	98
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	0,75	1,28	0,07	9%	0,01	0,65	1,02	0,37	40
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	2,13	3,00	0,25	12%	0,11	1,90	2,50	0,60	5
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	1,95	1,92	0,29	15%	0,04	1,42	2,53	1,12	52
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/M	2,59	2,50	0,85	33%	0,09	1,10	5,87	4,77	93
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	1,63	1,62	0,30	19%	0,02	1,10	3,25	2,15	153
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	4,27	4,25	0,68	16%	0,18	3,42	5,67	2,25	14

(continua)

Tabela AIX.2.1 – Análise estatística do Indicador ISO.4 – Tempo de recolha unitário do recipiente (Continuação)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo resíduo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Desvio P. Relativo	Erro padrão média	Mín.	Máx.	Gama	Dim. (n)
C4V7	SU, WoC, EC, C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	5,37	5,50	0,51	10%	0,07	4,42	6,33	1,92	48
C5V1	U, WoC, EC, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	P/M	6,98	3,15	2,76	40%	1,59	4,00	9,45	5,45	3
C6V1	U, WoC, EC, CM- BOSC, WoM, CD, LNS	P/M	3,37	3,60	0,54	16%	0,12	2,43	4,47	2,03	19
C6V6	U, WoC, EC, CM- BCSC, CI, CD, LNS	P/M	3,45	3,17	0,52	15%	0,13	2,92	5,12	2,20	16
C7V1	U, WoC, OPH, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	P/M	5,56	5,17	1,23	22%	0,30	4,40	8,35	3,95	17
C8V7	U, WoC, OPG, C2R- BCSC, CI, C2H, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	4,83	4,03	0,71	15%	0,15	3,68	6,92	3,23	24
C9V3	S, WW, WoC, LiF+LiS- BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	0,81	0,75	0,24	30%	0,01	0,47	1,95	1,48	350
C11V4	S, WoW, WoC, WoCo- BCSC, CI, LiAsF, LS	P/M	0,16	0,13	0,13	80%	0,01	0,02	0,72	0,70	139
C10.1V3	S, WW, WoC, LiF- BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	0,50	1,25	0,57	115%	0,09	0,13	3,58	3,45	38
C10.2V3	S, WW, WoC, LiF- BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	0,31	1,27	0,18	57%	0,00	0,09	2,83	2,74	1232
C10.3V3	S, WW, WoC, LiF- BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	0,38	1,26	0,24	63%	0,01	0,14	4,75	4,61	943
C10.4V3	S, WW, WoC, LiF- BCSC, CI, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	0,60	1,25	0,43	71%	0,05	0,20	2,55	2,35	68
C1.1V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	P/M	0,86	1,25	0,12	14%	0,01	0,68	1,55	0,87	158
C1.2V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	P/M	0,84	1,24	0,24	29%	0,01	0,65	2,67	2,02	282
C1.3V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	P/M	0,89	1,24	0,64	72%	0,05	0,63	7,12	6,48	202
C1.4V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	P/M	0,82	1,24	0,27	32%	0,03	0,65	2,43	1,78	78
C3V1	S, I, WoC, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	V	2,06	2,10	0,48	24%	0,05	1,17	4,07	2,90	106
C4V1	SU, WoC, EC, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	V	4,07	5,57	0,27	7%	0,07	3,67	4,50	0,83	17
C4V7	SU, WoC, EC, C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	V	5,06	4,85	0,60	12%	0,08	3,65	6,62	2,97	52
C5V1	U, WoC, EC, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	V	5,93	2,63	1,34	23%	0,60	4,38	7,70	3,32	5
C6V1	U, WoC, EC, CM- BOSC, WoM, CD, LNS	V	3,50	3,22	0,61	17%	0,12	2,83	5,60	2,77	24
C6V6	U, WoC, EC, CM- BCSC, CI, CD, LNS	V	3,52	3,73	0,73	21%	0,12	2,75	5,67	2,92	40
C7V1	U, WoC, OPH, C1R- BOSC, WoM, C1H, LNS	V	6,94	4,90	1,66	24%	0,43	4,50	9,75	5,25	15
C8V1	U, WoC, OPG, C2R- BOSC, WoM, C2H, LNS	V	4,97	4,41	0,83	17%	0,22	3,58	6,17	2,58	14
C9V2	S, WW, WoC, LiF+LiS- BCSC, P, LiAsF, LRe	V	1,38	1,19	0,44	32%	0,04	0,63	3,28	2,65	152
C1.1V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	V	0,84	1,18	0,09	11%	0,01	0,67	1,13	0,47	198
C1.2V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	V	0,79	1,17	0,13	16%	0,01	0,65	1,93	1,28	176
C1.3V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	V	0,71	1,17	0,05	7%	0,01	0,63	0,83	0,20	67
C1.4V5	S, I, WoC, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	V	0,76	1,17	0,09	12%	0,01	0,63	1,07	0,43	54
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC, CC, LiA, LS	V	2,02	1,17	0,45	22%	0,26	1,70	2,53	0,83	3

P/C – Papel/cartão; P/M – Plástico/metálico; V – Vidro

Tabela AIX.2.2 – Análise estatística do Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por unidade de tempo (m3/min)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo Resíduo	Média	Desvio Padrão	Desvio P. Relativo	Erro padrão	Variância	Mín.	Máx.	Gama	Dim. (n)
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	1,18	0,12	10%	0,01	0,01	0,67	1,43	0,76	126
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	2,68	0,34	13%	0,03	0,12	0,70	3,29	2,58	164
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	3,67	0,35	9%	0,04	0,12	2,82	4,20	1,38	98
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	3,44	0,29	8%	0,05	0,08	2,51	3,92	1,41	40
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	2,22	0,46	21%	0,27	0,21	1,69	2,50	0,81	3
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	0,96	0,24	25%	0,03	0,06	0,52	1,42	0,90	66
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	0,93	0,23	25%	0,03	0,05	0,50	1,37	0,87	66
C3'V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	0,85	0,23	27%	0,03	0,05	0,40	1,75	1,35	79
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	0,82	0,22	27%	0,02	0,05	0,39	1,68	1,30	79
C3'V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	1,25	0,21	17%	0,01	0,04	0,45	1,83	1,38	208
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	1,20	0,20	17%	0,01	0,04	0,43	1,76	1,33	208
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	1,17	0,27	23%	0,08	0,07	0,84	1,81	0,97	12
C4V6	SU, WoC,EC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	1,24	0,15	12%	0,07	0,02	1,02	1,38	0,37	5
C4V7	SU,WoC,EC,C1R-	P/C	0,93	0,10	11%	0,01	0,01	0,70	1,18	0,47	50
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	0,61		0%	0,00		0,61	0,61	0,00	1
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	P/C	1,37	0,23	17%	0,07	0,05	0,77	1,67	0,89	12
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	P/C	1,48	0,27	18%	0,05	0,07	0,80	1,87	1,07	33
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	1,03	0,27	26%	0,06	0,07	0,66	1,43	0,77	21
C8V7	U,WoC,OPG,C2R-	P/C	1,16	0,21	18%	0,04	0,04	0,65	1,58	0,93	33
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	1,50	0,44	29%	0,03	0,19	0,56	2,87	2,31	303
C10.1V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,25	0,11	45%	0,02	0,01	0,04	0,45	0,41	28
C10.2V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,44	0,15	33%	0,00	0,02	0,06	1,07	1,01	956
C10.3V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,74	0,26	35%	0,01	0,07	0,03	1,60	1,57	532
C10.4V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	0,78	0,31	40%	0,06	0,10	0,14	1,44	1,31	31
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/C	0,28	0,17	61%	0,02	0,03	0,05	0,77	0,73	49
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	1,18	0,13	11%	0,01	0,02	0,65	1,46	0,82	158
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	2,66	0,43	16%	0,03	0,18	0,80	3,29	2,49	282
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	3,48	0,70	20%	0,05	0,49	0,38	4,31	3,93	202
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	3,25	0,52	16%	0,06	0,27	1,05	3,92	2,88	78
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	1,90	0,21	11%	0,09	0,04	1,60	2,11	0,51	5
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	1,11	0,17	15%	0,02	0,03	0,84	1,50	0,66	52
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	1,07	0,16	15%	0,02	0,03	0,81	1,45	0,64	52
C3'V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/M	0,91	0,31	34%	0,03	0,09	0,36	1,94	1,57	93

Tabela AIX.2.2 – Análise estatística do Indicador ISO.5 – Capacidade recolhida por unidade de tempo (Continuação)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo Resíduo	Média	Desvio Padrão	DesvioP. Relativo	Erro padrão	Variância	Mín.	Máx.	Gama	Dim. (n)
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/M	0,88	0,29	34%	0,03	0,09	0,35	1,86	1,51	93
C3'V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	1,34	0,23	17%	0,02	0,05	0,66	1,94	1,28	153
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB, LRe	P/M	1,29	0,22	17%	0,02	0,05	0,63	1,86	1,23	153
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	1,20	0,18	15%	0,05	0,03	0,88	1,46	0,58	14
C4V7	SU,WoC,EC,C1R-	P/M	0,94	0,09	10%	0,01	0,01	0,79	1,13	0,34	48
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	0,49	0,23	47%	0,13	0,05	0,32	0,75	0,43	3
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	P/M	1,52	0,25	17%	0,06	0,06	1,12	2,05	0,94	19
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	P/M	1,47	0,17	12%	0,04	0,03	0,98	1,71	0,74	16
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	0,93	0,17	18%	0,04	0,03	0,60	1,14	0,54	17
C8V7	U,WoC,OPG,C2R-	P/M	1,06	0,15	14%	0,03	0,02	0,72	1,36	0,63	24
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	1,46	0,37	25%	0,02	0,14	0,56	2,36	1,79	350
C10.1V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	0,27	0,14	51%	0,02	0,02	0,03	0,68	0,65	38
C10.2V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	0,46	0,17	36%	0,00	0,03	0,04	1,31	1,27	1232
C10.3V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	0,75	0,27	36%	0,01	0,07	0,05	1,69	1,64	943
C10.4V	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	0,77	0,33	43%	0,04	0,11	0,14	1,80	1,66	68
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/M	0,29	0,21	74%	0,02	0,05	0,04	1,80	1,76	139
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	1,20	0,12	10%	0,01	0,01	0,88	1,50	0,62	198
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	2,76	0,33	12%	0,02	0,11	1,11	3,29	2,18	176
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	3,89	0,27	7%	0,03	0,07	3,28	4,31	1,03	67
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	3,38	0,36	11%	0,05	0,13	2,39	4,03	1,64	54
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	2,04	0,41	20%	0,23	0,17	1,58	2,35	0,77	3
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	1,09	0,24	22%	0,02	0,06	0,52	1,83	1,30	106
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	1,05	0,23	22%	0,02	0,05	0,50	1,76	1,25	106
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	0,74	0,05	7%	0,01	0,00	0,67	0,82	0,15	17
C4V7	SU,WoC,EC,C1R-	V	0,60	0,07	12%	0,01	0,01	0,45	0,82	0,37	52
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	0,53	0,12	23%	0,05	0,01	0,39	0,68	0,29	5
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	V	0,88	0,12	14%	0,03	0,02	0,54	1,06	0,52	24
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	V	0,88	0,15	17%	0,02	0,02	0,53	1,09	0,56	40
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	0,76	0,19	25%	0,05	0,04	0,51	1,11	0,60	15
C8V1	U,WoC,OPG,C2R- BOSC,WoM,C2H,LNS	V	0,62	0,11	18%	0,03	0,01	0,49	0,84	0,35	14
C9V2	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,P,LiAsF,LRe	V	0,87	0,25	29%	0,02	0,06	0,34	1,74	1,40	152

P/C – Papel/cartão; P/M – Plástico/metálico; V – Vidro

Tabela AIX.2.3 – Análise estatística do Indicador ISO.6 – Peso máximo recolhido por unidade de tempo (kg/min)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo resíduo	Média	Desvio Padrão	DesvioP Relativo	Erro padrão	Variância	Mín.	Máx.	Gama	Dim (n)
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	50	20	40%	1,29	402	15	103	88	242
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	133	97	73%	4,69	9362	14	543	529	425
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	111	29	26%	1,84	856	55	179	125	252
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	103	28	27%	2,38	762	55	174	119	135
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/C	62	27	44%	6,97	730	25	102	77	15
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	42	19	45%	0,62	360	8	104	96	940
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	33	17	52%	0,64	289	11	121	110	705
C3'V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	37	18	47%	0,52	308	6	128	122	1160
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	29	16	54%	0,53	242	9	150	141	870
C3'V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB,	P/C	52	23	44%	0,62	514	7	134	127	1340
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H, LiAsF+LiAsB,	P/C	41	20	50%	0,64	418	10	156	147	1005
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	42	14	32%	1,05	186	20	104	85	168
C4V6	SU, WoC,EC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/C	45	11	25%	1,36	129	24	80	56	70
C4V7	SU, WoC,EC,C1R- BCSC, CI, C1H,	P/C	34	9	26%	0,37	74	17	68	51	546
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	18	8	46%	3,69	68	11	31	21	5
C5'V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	37	42	113%	16,94	1722	8	119	111	6
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	P/C	35	12	35%	0,73	148	8	67	59	276
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	P/C	37	14	37%	0,60	193	8	75	67	529
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/C	50	19	38%	1,33	356	18	101	84	200
C8V7	U,WoC,OPG,C2R- BCSC, CI, C2H,	P/C	38	17	45%	0,83	292	8	79	71	420
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS-	P/C	48	40	82%	0,89	1582	7	360	353	1975
C10.1V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	21	24	116%	1,73	566	1	147	146	189
C10.2V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	32	30	95%	0,57	929	1	234	233	2880
C10.3V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	62	49	80%	1,01	2426	1	315	314	2363
C10.4V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/C	63	28	45%	2,06	799	7	137	130	189
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/C	21	20	93%	0,69	402	1	141	140	851
C11'V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/C	17	14	87%	1,37	207	1	72	71	111
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	31	16	51%	1,01	257	12	95	83	252
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	60	21	35%	1,12	443	17	112	95	351
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	67	34	50%	1,91	1138	8	184	176	312
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	53	16	29%	1,07	246	15	85	69	216
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	P/M	68	30	43%	6,61	873	30	124	94	20
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	20	6	32%	0,25	42	8	42	34	666
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	27	6	21%	0,33	32	15	42	27	296

Tabela AIX.2.3- Análise estatística: Indicador ISO.6 – Peso máximo recolhido por unidade de tempo (cont.)

Ref. ^a	Acrónimo	Fluxo	Média	Desv P	DesvPR	Erro	Variância	Mín.	Máx.	Gama	Dim(n)
C3'V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/M	17	8	47%	0,23	63	3	54	50	1170
C3V6	S,I,WoC,C1R- BCSC,CI,C1H,LNS	P/M	22	9	40%	0,38	77	6	54	47	520
C3'V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H,	P/M	24	9	35%	0,26	75	6	54	47	1080
C3V7	S,I,WoC,C1R- BCSC, CI, C1H,	P/M	32	8	26%	0,38	69	12	54	42	480
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	22	7	30%	0,49	44	4	36	32	182
C4V7	SU, WoC,EC,C1R- BCSC, CI, C1H,	P/M	18	5	28%	0,26	24	3	28	24	350
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	12	7	56%	1,44	44	4	29	25	21
C5'V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	8	7	83%	1,77	47	-1	23	24	15
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	P/M	33	13	39%	0,63	172	8	82	74	437
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	P/M	32	12	38%	0,67	145	7	69	62	322
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	P/M	35	13	38%	0,75	180	12	69	57	323
C8V7	U,WoC,OPG,C2R- BCSC, CI, C2H,	P/M	26	5	19%	0,36	23	14	39	25	184
C9V3	S,WW,WoC,LiF+LiS-	P/M	44	18	40%	0,72	308	14	106	93	600
C10.1V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	11	8	73%	0,51	70	0	60	59	275
C10.2V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	18	14	75%	0,44	185	1	98	97	972
C10.3V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	24	13	55%	0,46	175	1	69	67	826
C10.4V3	S,WW,WoC,LiF- BCSC,CI,LiAsF+LiAsB,LRe	P/M	31	18	58%	1,07	323	3	95	93	282
C11V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/M	11	11	96%	0,26	115	1	124	123	1653
C11'V4	S,WoW,WoC,WoCo- BCSC,CI,LiAsF,LS	P/M	78	69	89%	3,70	4765	8	588	580	348
C1.1V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	343	78	23%	5,41	6087	183	548	364	208
C1.2V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	702	171	24%	15,59	29162	253	1079	827	120
C1.3V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	1161	241	21%	29,94	58271	731	1628	898	65
C1.4V5	S,I,WoC,LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	953	148	16%	15,20	21952	633	1263	630	95
C2V5	U, WoC, OEPEH, LiS- BCSC,CC,LiA,LS	V	367	75	20%	24,91	5587	259	483	224	9
C3'V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	218	58	27%	1,99	3396	93	420	327	858
C3V1	S,I,WoC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	267	69	26%	3,78	4725	123	461	338	330
C4V1	SU, WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	182	37	20%	3,28	1360	117	253	137	126
C4V7	SU, WoC,EC,C1R- BCSC, CI, C1H,	V	145	33	23%	1,81	1118	79	255	175	342
C5V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	90	36	40%	8,11	1314	38	172	134	20
C5'V1	U,WoC,EC,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	112	33	29%	8,49	1082	66	183	117	15
C6V1	U,WoC,EC,CM- BOSC,WoM,CD,LNS	V	242	51	21%	3,77	2562	122	359	238	180
C6V6	U,WoC,EC,CM- BCSC,CI,CD,LNS	V	240	55	23%	3,14	3061	120	370	250	310
C7V1	U,WoC, OPH,C1R- BOSC,WoM,C1H,LNS	V	233	64	27%	5,68	4063	130	387	257	126
C8V1	U,WoC,OPG,C2R- BOSC,WoM,C2H,LNS	V	133	35	26%	3,80	1211	64	215	151	84
C9V2	S,WW,WoC,LiF+LiS- BCSC,P,LiAsF,LRe	V	177	63	35%	3,13	3937	59	399	340	402

